N° 54

LES

EAUX D'ALIMENTATION

DE LA VILLE DE MONTPELLIER

ÉTUDE DE LA SOURCE DU LEZ

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue à l'École Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Le 25 Juillet 1907

PAR

Valentin ROS

Pharmacien de Première Classe

Préparateur d'Hygiène à la Faculté de Médecine de Montpellier

Premier Prix (Médaille d'Argent), Histoire Naturelle 1901-1902 — Alger

Premier Prix (Médaille d'Argent), Histoire Naturelle 1902-1903 — Alger

Deuxième Prix (Médaille de Bronze), Physique et Chimie 1902-1903 — Alger

Mention Honorable Matière Médicale 1902-1903 — Alger

Premier Prix (Médaille d'Argent), Micrographie 1903-1904 — Montpellier

Premier Prix (Médaille d'Or), Concours général 1903-1904 — Montpellier

Pour obtenir le titre de Docteur en Pharmacie

ACAD. LITTOLBAT. BIBL.

JURY : { MM. IMBERT, *Professeur*, *Président*
MASSOL, *Professeur*
GAUCHER, *Professeur agrégé*

MONTPELLIER

Société Anonyme de l'Imprimerie Générale du Midi

1907

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER

PROFESSEURS

MM. G. MASSOL (I. P. ✿), DIRECTEUR.	*Physique.*
L. COURCHET (I. P. ✿).....	*Hist. natur. des médicaments et Botanique.*
C. ASTRE (I. P. ✿).....	*Chimie générale.*
L. PLANCHON (I. P. ✿).....	*Matière médicale.*
F. JADIN (I. P. ✿).....	*Pharmacie.*
H. IMBERT (I. P. ✿).....	*Chimie analytique et Toxicologie.*
H. FONZES-DIACON (I. P. ✿)..	*Chimie minérale.*

COURS COMPLÉMENTAIRES ET AUXILIAIRES

MM. ASTRUC (A. ✿), chargé de cours.	*Pharmacie galénique.*
GAUCHER (I. P. ✿), ch. de cours.	*Botanique cryptogamique.*
ASTRUC (A. ✿), chargé de cours.	*Minéralogie et Hydrologie*
TARBOURIECH (A. ✿). ch. de c.	*Analyse quantitat. générale*

AGRÉGÉS

MM. GAUCHER (I. P. ✿).
ASTRUC (A. ✿).
TARBOURIECH (A. ✿).

Secrétaire : IZARD (I. P. ✿).

NOTA.—L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A MES PARENTS

A MES MAITRES

DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE ET DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DE MONTPELLIER
DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

A MES AMIS

V. Ros.

A Monsieur Henri IMBERT

PROFESSEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER

ET

A Monsieur Henri BERTIN-SANS

PROFESSEUR D'HYGIÈNE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MONTPELLIER

Hommage de vive reconnaissance et d'affectueux attachement de leur élève et préparateur.

V. Ros.

INTRODUCTION

On se préoccupe depuis quelques années de l'Etude des Eaux de Source destinées à l'alimentation ; grâce à de nouvelles méthodes de recherches, on a pu connaître le mode de circulation des eaux souterraines et par suite les causes de contamination auxquelles elles étaient exposées. Aussi, géologues et hydrologistes ont-ils porté le problème devant différents Congrès scientifiques pour inviter les Pouvoirs publics à élaborer la législation rendue nécessaire par le nouvel état de choses.

Il ne suffit plus de savoir qu'une eau d'alimentation provient d'une source, qu'elle est limpide et qu'elle présente tous les caractères organoleptiques les plus séduisants, pour affirmer sa valeur hygiénique. Car il arrive souvent, ainsi que le déclare Palladius dans son traité de l'Agriculture (liv. I^{er}, § IV), « que la nature dont les opérations sont toujours secrètes, cache dans les éléments les qualités pernicieuses sous les plus belles apparences ». Le concours de la chimie et de la bactériologie, sciences sur lesquelles on avait tout d'abord fondé tant d'espoir, et sur l'importance desquelles nous reviendrons plus loin, ne suffit plus ; aujourd'hui, l'un des problèmes les plus importants à résoudre dans l'étude d'une source destinée à l'alimentation

est celui qui a trait à la recherche de l'origine de l'eau qu'elle fournit, à la nature du terrain que cette eau a parcouru depuis son point d'absorption jusqu'au point d'émergence, au temps qu'elle a mis à effectuer ce trajet, aux causes de souillures ou de purification qu'elle a pu rencontrer.

La détermination de la valeur hygiénique d'une eau de source doit découler nécessairement d'une étude d'ensemble qui sera basée sur des renseignements fournis d'une part par la géologie et l'hydrologie, d'autre part par les analyses physiques, chimiques et bactériologiques. Encore faudra-t-il que ces analyses soient méthodiquement répétées : la composition d'une eau de source peut, dans certains cas, subir des modifications importantes, et on sait que cette composition est fonction du temps, du sol, et des saisons. C'est l'étude de cette variabilité qui doit surtout préoccuper l'hygiéniste, car peu importe qu'une eau soit, à un moment donné, de bonne qualité si, sous l'influence des moindres phénomènes météoriques, elle peut s'enrichir en matières organiques et en germes pathogènes et devenir ainsi une cause d'infection pour la population qu'elle alimente.

Voici un fait que nous empruntons au *Traité de Microbiologie*, de E. Duclaux, et qui montre, en même temps que l'importance de l'étude géologique et hydrologique, la nécessité d'établir la protection du périmètre d'alimentation d'une source : « Le petit village de Lausen, près de Bâle, n'avait pas, de mémoire d'homme, subi d'épidémie typhoïde et ne comptait même pas, depuis de longues années, un seul cas de cette maladie, lorsqu'en août 1882 survint une épidémie qui dura jusqu'à la fin de novembre,

attaquant 130 personnes sur les 780 habitants des 90 maisons du village. Les cas étaient à peu près également répartis entre toutes les habitations. Seules, six maisons en furent exemptes. Elles étaient les seules à avoir de l'eau chez elles et à ne pas s'abreuver à la fontaine publique.

L'eau de cette fontaine venait du massif de Stockhalden, ancienne moraine de l'époque glaciaire, séparant la vallée de Lausen de la vallée parallèle de Fürlerthal. Cette eau était reçue et conduite, depuis sa source, entre des parois de briques à l'abri de la pollution, et ne semblait pas devoir être soupçonnée. Pourtant la maladie avait été convoyée par elle . Voici comment :

Dix ans auparavant, on avait découvert une communication directe, à travers la montagne, entre la source de Lausen et un petit ruisseau du Fürlerthal. Tout près de ce ruisseau, au voisinage d'une ferme, un trou d'éboulement s'était creusé dans le sol, et au fond on avait vu couler un petit filet d'eau claire. Le ruisseau voisin, amené dans cette excavation, s'y était englouti tout entier et, une ou deux heures après, les sources de Lausen, très diminuées à ce moment par suite de la sécheresse, s'étaient mises à couler abondamment, troubles d'abord, claires ensuite, jusqu'au moment où on ramena l'eau du ruisseau du Fürlerthal dans son lit. Depuis, on avait remarqué tous les ans l'augmentation du débit des sources de Lausen au moment où les irrigations de prairies se faisaient dans la ferme du Fürlerthal dont nous avons parlé.

Or, dans cette ferme isolée, le fermier, au retour d'un voyage, avait été pris par la fièvre typhoïde, le 10 juin 1882. Les latrines de la maison et ses fumiers se déversaient dans le ruisseau; dans ce ruisseau, on vidait les ordures, on lavait

le linge du malade, et cela au moment des irrigations. Trois semaines après la fièvre typhoïde éclatait à Lausen.

La preuve de la contamination des eaux peut sembler acquise par les faits qui précédent. Le docteur Hagler, de Bâle, eut le mérite de ne pas s'en contenter et de la rendre tout à fait évidente par d'ingénieuses et décisives expériences. Il fit rouvrir le trou de Fürlerthal, et y ramena le ruisseau. Trois heures après, le débit des fontaines de Lausen avait doublé. On jeta dans ce trou, après les avoir fait dissoudre, dix-huit quintaux de sel. L'eau de Lausen devint salée. Mais en remplaçant le sel par de la farine mise en suspension dans l'eau du ruisseau, on n'observa dans l'eau de Lausen ni trouble, ni augmentation des matériaux solides en solution.

La communication était sûre, mais elle se faisait dans des conduits assez étroits pour retenir les granules d'amidon. Il y avait donc sûrement filtration au travers des matériaux poreux de l'ancienne moraine ; mais cette filtration analogue à celle de nos fontaines filtrantes, s'était montrée incapable de retenir les germes si ténus de la fièvre typhoïde, et n'aurait pas davantage retenu ceux de la diphtérie, de la scarlatine, du choléra, qui viennent si souvent par les eaux potables.

MM. les professeurs H. Bertin-Sans et A. Rodet ont déjà attiré l'attention sur la valeur hygiénique de l'eau qui alimente notre ville. Cette étude s'imposait légalement étant donné la fréquence de la fièvre typhoïde à Montpellier; ces auteurs ont pu constater, en effet, que, pour les années 1901, 1902, 1903, la mortalité typhique à Montpellier a été supérieure à celle de toutes les autres grandes villes de France, sauf Brest et Toulon et qu'au point de vue de la

mortalité générale, notre ville atteint un chiffre qui dépasse de beaucoup celui de la mortalité moyenne de la France.

Dans ce travail, nous avons continué les recherches effectuées par nos Maîtres, en nous appliquant surtout à étudier la variabilité de composition des eaux de la source du Lez, par des analyses que nous avons effectuées avant, pendant et après des chutes de pluie et à différentes saisons. Notre travail comprendra donc l'étude géologique du bassin d'alimentation ; l'étude hydrologique particulière à la source du Lez ; des analyses physiques, chimiques et bactériologiques.

Nous terminerons par quelques considérations qui ressortent de l'ensemble des recherches effectuées par MM. H. Bertin-Sans et A. Rodet et par nous-même.

LES

EAUX D'ALIMENTATION

DE LA VILLE DE MONTPELLIER

ÉTUDE DE LA SOURCE DU LEZ

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE DU BASSIN DE LA SOURCE DU LEZ

D'abord alimentée par la source Saint-Clément de 1750 à 1850, la ville de Montpellier reçoit aujourd'hui exclusivement son eau potable de la source du Lez. Un aqueduc de 18 kilomètres, sur plan incliné, amène l'eau de cette source dans un bassin-réservoir souterrain de 7.000$^{m^3}$, situé près de l'octroi de Celleneuve, et dans un second bassin de 500$^{m^3}$ situé sous la promenade du Peyrou. De ces deux bassins, l'eau est distribuée à la ville par des tuyaux de fonte atteignant un développement de 70 kilomètres et alimentant 200 fontaines publiques et 3.000 concessions. Si l'on remarque qu'il existe 8.000 maisons à

Montpellier, on voit que plus de la moitié de ces maisons ne sont pas encore pourvues d'eau, ce qui semble présenter de gros inconvénients au point de vue de l'hygiène de l'habitation.

Voici la description de la source qui a été donnée par MM. les professeurs H. Bertin-Sans et A. Rodet : « La source du Lez émerge du sol au fond d'un vaste bassin, bordé vers le nord par des rochers calcaires escarpés et présentant vers le sud une large échancrure pour le passage des eaux. Afin de relever le niveau de ces eaux et de permettre ainsi leur accès dans l'origine de la canalisation de la ville, on s'est opposé à leur écoulement naturel par la construction d'un important barrage. Ce barrage se trouve à quelques mètres en aval de la prise de la ville, qui est elle-même située dans un angle formé par la paroi ouest du bassin et par une construction en maçonnerie s'avançant dans ce bassin parallèlement au barrage.

» Le bassin de la source du Lez est depuis quelques années protégé par un mur en fer à cheval, destiné à rejeter en dehors de ce bassin les eaux de ruissellement du massif montagneux qui le domine. Ce mur est construit à quelques mètres à peine du bord, et les eaux superficielles qui, au moment des pluies, ont directement accès dans le bassin et par suite dans la canalisation de la ville, sont ainsi restreintes à celles reçues par une bande de terrain assez étroite, dont une partie, mais une partie seulement, est en raison de sa déclivité inaccessible à l'homme. De plus, l'une des extrémités du mur dont il vient d'être question aboutit aux bords du bassin, un peu en avant du barrage ; si bien que des eaux superficielles contournant le mur peuvent venir se déverser et viennent se déverser en réalité

lors des fortes pluies dans le bassin même. Ces eaux se jettent d'ailleurs en aval et assez loin de la prise de la ville; elles en sont séparées par la construction en maçonnerie parallèle au barrage, et, comme leur déversement ne s'effectue qu'au moment des fortes crues, leur majeure partie sinon leur totalité, est rapidement entraînée par le courant, et ne peut venir se mêler aux eaux d'alimentation de Montpellier. »

Au point de vue de l'étude géologique, voici l'exposé que nous devons à M. Delage, professeur, et à M. Mourgues, préparateur de géologie à la Faculté des Sciences :

« Le Lez sort d'une formation essentiellement constituée par une alternance de calcaires et de marnes. Cette formation représente le néocomien inférieur, c'est-à-dire l'étage berriasien. Elle s'étale sur une grande surface et elle a subi des mouvements violents qui l'ont fortement plissée et disloquée. Elle absorbe, à très peu près, la totalité des eaux pluviales qui tombent directement à sa surface. Ces eaux s'y accumulent à de certaines profondeurs et y sont retenues par les assises marneuses plus ou moins imperméables, ainsi que l'attestent les puits qu'on a creusés un peu partout dans la région.

» Il y a lieu de remarquer qu'en dehors du Lez, aucun ruisseau important ne sert d'écoulement aux eaux en question. Celles-ci sont-elles l'unique source d'alimentation du Lez ? C'est possible étant données et l'étendue de l'affleurement berriasien et la quantité d'eau moyenne enregistrée annuellement par le pluviomètre.

» Cependant, au premier abord, on ne peut se défendre de supposer qu'une partie des eaux du Lez lui vient de bien loin en amont de sa source et en dehors du réservoir

berriasien. Cette supposition, d'ailleurs toute gratuite jusqu'à présent, est surtout provoquée par ce fait que le Lez, au contraire de la plupart des autres cours d'eau, est déjà à sa source une rivière toute faite, c'est-à-dire que son débit y est considérable.

» Outre les eaux de pluie, la formation berriasienne reçoit encore une masse d'eau importante, c'est celle du ruisseau le Lirou, dont la source est aux Matelles à quelques kilomètres en amont de celle du Lez. Le Lirou sort du jurassique supérieur ou étage tithonique. Dès sa sortie, il se déverse entièrement dans la couche berriasienne, où il coule ensuite souterrainement et superficiellement jusqu'à son embouchure dans le Lez.

» Si donc l'apport de la pluie, d'une part, et l'apport du Lirou, de l'autre, ne fournissent pas toute son eau au Lez, il semble certain qu'ils contribuent pour une bonne part à son alimentation ; et, lorsqu'on se place au point de vue de la contamination de ce ruisseau, il devient évident que les foyers d'infection peuvent être et sont en réalité si multiples qu'il est impossible d'arriver à les faire disparaître. »

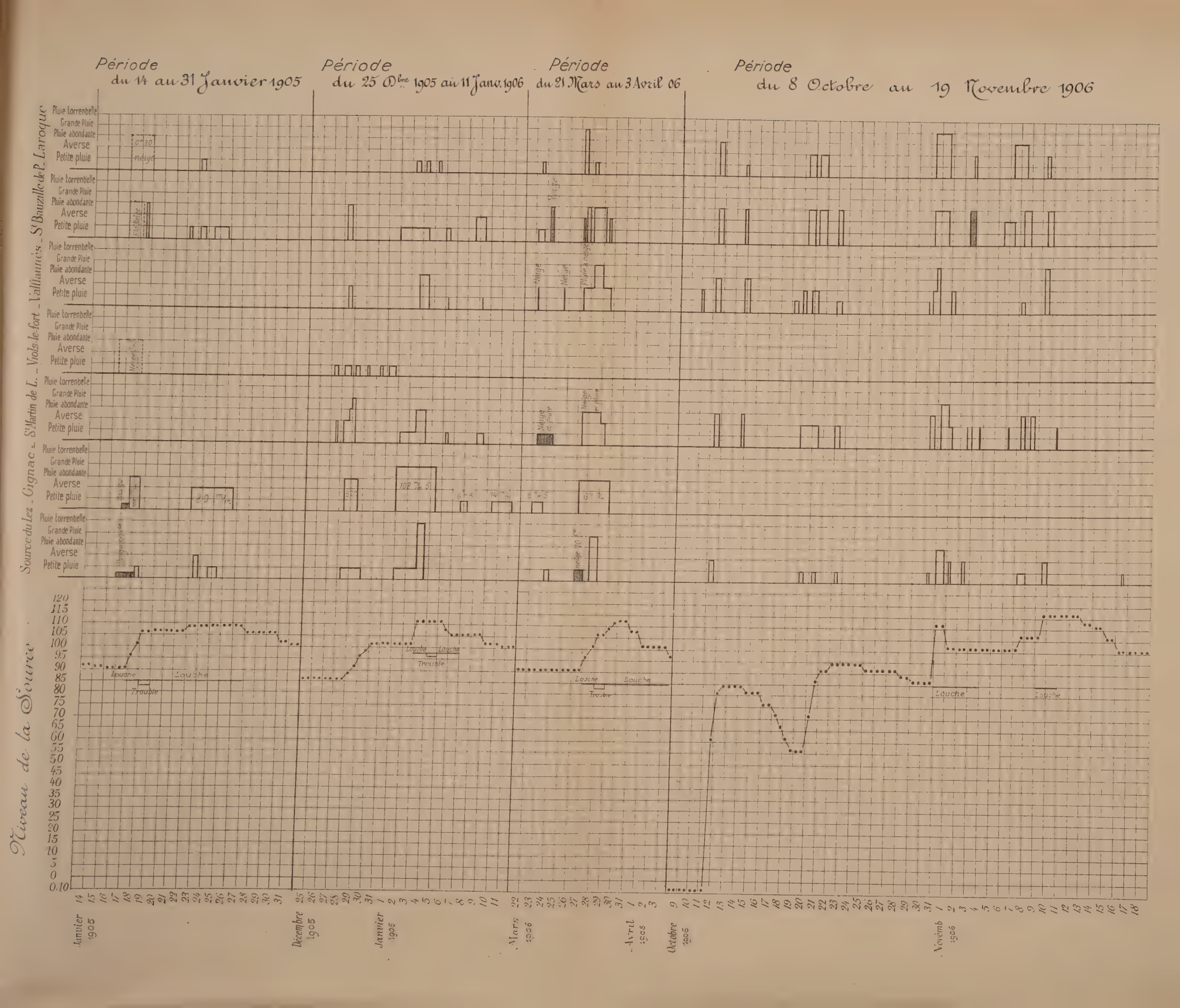
D'après la note qui précède, on peut se demander si l'affleurement berriasien constitue à lui seul le bassin d'alimentation du Lez, ou si ce bassin est plus étendu encore. En somme quel est exactement le périmètre d'alimentation?

On avait d'abord pensé, sans aucune preuve d'ailleurs, que les eaux de la source du Lez provenaient en partie du fleuve l'Hérault. Cette idée doit être complètement rejetée ; le service des Ponts et Chaussées a noté pendant plus de deux ans les variations de débit et de transparence des eaux de ce fleuve, et ces variations n'ont jamais été en rapport avec celles constatées à la source du Lez

Pour déterminer aussi exactement que possible le périmètre d'alimentation de la source du Lez, nous avons adopté la même méthode que MM. Bertin-Sans et A. Rodet. Grâce à l'obligeance de la Commission météorologique de l'Hérault et à celle de M. Krüger, architecte de la ville, nous avons pu nous procurer d'une part les observations météorologiques recueillies jusqu'à aujourd'hui à Gignac, Viols-le-Fort, Saint-Martin-de-Londres, Valflaunès, Saint-Bauzille-de-Putois, Laroque, et la source du Lez, et d'autre part les variations de débit de la source. Avec ces données, nous avons pu établir un graphique qui va du 1er juin 1904, au 31 décembre 1906. Sur ce graphique, nous avons représenté les chutes de pluie qui se sont produites dans les différentes localités ci-dessus mentionnées, et une courbe qui indique les variations du niveau de la source du Lez. Comme il serait assez difficile de faire reproduire un pareil graphique qui ne mesure pas moins de 4 m. 70 de longueur, nous nous bornerons à en donner, à la fin de ce chapitre, quelques extraits qui nous paraissent des plus typiques et qui montrent très nettement les résultats que nous avons obtenus. Cette méthode nous a permis de constater que toutes les fois qu'une chute de pluie s'est produite à la fois dans les différents centres énumérés plus haut, le débit de la source du Lez a été rapidement influencé. La constance de nos nombreuses observations établit que l'affleurement berriasien appartient au bassin d'alimentation de la source du Lez. Il est même possible, ainsi que le font remarquer MM. Delage et Mourgues, qu'il constitue à lui seul ce bassin, étant données l'étendue de l'affleurement berriasien et la quantité d'eau moyenne enregistrée annuellement par le pluviomètre. Mais le fait que le Lez, au

contraire de la plupart des autres cours d'eau, est déjà à sa source une rivière toute faite, vient à l'encontre de cette opinion et porte à croire qu'une partie des eaux du Lez lui vient de bien plus loin, en amont de sa source et en dehors du réservoir berriasien. C'est du moins l'opinion de M. le professeur Delage, dont l'avis en cette matière est très autorisé.

Il resterait, en outre, une dernière question à résoudre : Peut-on joindre au bassin présumé du Lez, celui du Lirou ? Nous inclinerions à le penser d'après l'étude géologique de MM. Delage et Mourgues ; le Lirou déverse, en effet, ses eaux au sein même des couches berriasiennes en amont de la source du Lez et ces eaux, qui s'infiltrent ainsi dans le sol, pourraient très bien aller émerger à la source du Lez. A ce sujet, une expérience à la fluorescéine a été faite, et j'ai eu le plaisir d'assister mon Maître, M. le professeur H. Bertin-Sans, dans cette opération. Un kilogr. de fluorescéine préalablement dissoute dans de l'alcool fut déversée dans l'eau d'une des grottes situées au-dessus du village des Matelles, et quelques heures après nous examinions méthodiquement les eaux qui émergeaient dans le bassin de la source du Lez. Cette expérience n'a pu nous donner de résultats bien concluants par suite de circonstances fortuites (chutes de pluie et trouble du Lez). La question reste donc à l'étude, et nous pensons qu'il sera possible de l'élucider quand de nouvelles expériences pourront être reprises dans de meilleures circonstances, après avoir, en particulier, atteint par des sondages le cours souterrain du Lirou.


Période du 14 au 31 Janvier 1905
Période du 25 Dbre 1905 au 11 Janv. 1906
Période du 21 Mars au 3 Avril 06
Période du 8 Octobre au 19 Novembre 1906
Source du Lez - Cignac - St Martin de L. - Viols le fort - Vailhauquès - St Bauzille de P. Laroque
Pluie torrentielle
Grande Pluie
Pluie abondante
Averse
Petite pluie
Niveau de la Source
Janvier 1905
Décembre 1905
Janvier 1906
Mars 1906
Avril 1906
Octobre 1906
Novemb 1906
Trouble
Louche

CHAPITRE II

ANALYSE PHYSIQUE

Les données physiques ont une grande importance au point de vue de l'étude des garanties d'une eau de source. Le débit, la température, la limpidité, la couleur, la saveur, l'odeur, la résistance électrique, sont autant de caractères qui nous permettront déjà de juger de la valeur filtrante du bassin d'alimentation et par suite des conditions favorables ou défavorables de contamination auxquelles se trouve placée l'eau de la source.

Débit. — Cette étude avait été déjà entreprise par MM. H. Bertin-Sans et A. Rodet, et aux quelques observations qu'ils ont déjà publiées nous n'aurons qu'à ajouter celles que nous avons recueillies dans la suite. Nous ne saurions donc mieux faire que de répéter, en complétant quelques points, ce qui a été écrit par nos maîtres : « Le débit de la source du Lez n'a pu être mesuré exactement d'une façon suivie à cause des difficultés qu'auraient présentées de telles mesures. On s'est contenté de noter régulièrement le niveau de l'eau dans le bassin, sur une échelle dont le 0 se trouve à 80 cent. environ au-dessous du couronnement du barrage. Ce niveau est évidemment en rapport avec

le débit de la source, et il existe des relations étroites entre les variations du premier et celles du second. Il faut seulement remarquer, pour l'interprétation des résultats, qu'il n'y a pas proportionnalité entre les deux ordres de variation. Le débit croît beaucoup plus vite que le niveau ne s'élève, à partir du moment du moins où le niveau atteint la division 80, c'est-à-dire le couronnement du barrage. Tant que le niveau se maintient au-dessous de 80, l'eau ne peut s'échapper du bassin que par la canalisation de la ville et par les fissures du barrage; lorsque le niveau dépasse cette valeur, l'eau se déversant en outre par-dessus le barrage sur une longueur de 33 mètres, la masse qui s'écoule dans l'unité de temps devient considérable ; elle augmente d'ailleurs très rapidement avec la hauteur de la tranche d'écoulement. Nous ferons encore remarquer, à titre d'indication, que le débit moyen d'étiage de la source du Lez est de 600 litres à la seconde. Depuis le 1er janvier 1903, les observations du niveau du Lez ont été prises tous les jours, à 6 heures du matin et à 6 heures du soir, par le garde de la source, qui a également noté pour chaque chute de pluie ou de neige l'heure de son début, sa durée, son importance. Il résulte en premier lieu de l'examen de ces observations que le débit de la source du Lez varie dans une proportion considérable, puisque le niveau de l'eau peut osciller dans le bassin entre le 0 de l'échelle (fin juillet 1904) et la division 115 qui est située à 35 cent. au-dessus du couronnement du barrage (30 octobre 1903). »

L'étude des crues, faite par MM. H. Bertin-Sans et A. Rodet, du 1er janvier 1903 au 1er avril 1905 et poursuivie par nous depuis cette époque jusqu'au mois de décembre 1906, montre que les variations de débit de la source du Lez

se font brusquement ; il suffit de 24 heures pour que le niveau s'élève dans quelques cas de 0 à 85 ; de 12 heures pour qu'il passe de 35 à 90 ou de 85 à 95. Ce qui, d'après les indications données ci-dessus, doit certainement correspondre à une augmentation plus considérable encore que les précédentes. Toutes nos recherches effectuées au sujet du débit depuis la publication du travail de nos Maîtres ne font que corroborer leurs observations. C'est ainsi que nous avons continué à noter que ces variations de débit succédaient aux chutes de pluies avec une rapidité peu rassurante au point de vue de sa valeur diagnostique.

Nous pourrions donner à ce sujet une multitude d'exemples plus typiques les uns que les autres ; nous aurons l'occasion de revenir sur certains d'entre eux au sujet des études chimiques et bactériologiques. Pour le moment, qu'il nous soit permis de reprendre l'exemple signalé par MM. H. Bertin-Sans et A. Rodet ; ce qui nous le fait préférer aux autres, c'est qu'il renferme une série de faits très instructifs, qui ne se trouvent pas constamment réalisés avec le même ordre dans la nature. « Le 1er août 1904, après une assez longue période de sécheresse (un mois et demi), qui n'avait été troublée que par quelques rares averses sans importance comme intensité et durée, un violent orage éclate sur le bassin présumé d'alimentation de la source du Lez : la pluie commence à tomber à 11 heures du soir, le lendemain à 6 heures du matin, le niveau du Lez est déjà remonté de 0 à 30 cent.; à 6 heures du soir, il est à 85 cent.; il baisse progressivement à partir du 5 août pour retomber le 16 au 0 de l'échelle, où il se maintient jusqu'au 21. Le 21, à 8 heures du soir, nouvel orage, dans la nuit nouvelle crue; le 22, à 6 heures du matin, le niveau

est à 20 cent.; il est à 85 à 6 heures du soir, il s'y maintient jusqu'au 25, puis redescend rapidement et retombe le 30 à 35 cent. Mais le 30, vers 8 heures du matin, la pluie recommence à tomber ; un peu avant la soirée éclate un troisième orage ; dès 6 heures du soir, le niveau est remonté de 55 cent.; il atteint la division 90 qu'il dépasse même le lendemain.

Les eaux de surface peuvent donc, en moins de 7 heures (premier orage), venir se mélanger dans le sol aux eaux de la source du Lez au point d'influer d'une façon notable sur le débit de cette source ; le maximum de la crue pour les orages de courte durée se produit moins de 24 heures après le début de la pluie, et il suffit d'une dizaine de jours pour que le débit de la source redevienne sensiblement après de tels orages ce qu'il était avant. Toutes les observations recueillies depuis plus de trois ans conduisent d'une façon plus ou moins nette, suivant l'abondance ou la durée de la pluie, à des conclusions analogues. On voit par là combien peu les couches superficielles du sol ralentissent et régularisent ici l'écoulement des eaux qui les traversent ; et l'on est déjà amené, par cette constatation, à considérer comme insuffisante la protection exercée par les couches en question sur la nappe qu'elles recouvrent. »

Température. — L'eau d'une source doit rester à une température modérée et elle ne doit osciller que dans des limites très restreintes. L'étude suivie de la température nous permettra de nous renseigner sur sa constance ou sa variabilité, c'est-à-dire sur la bonne ou la mauvaise protection de la nappe souterraine contre les souillures superficielles.

Nous avons fait prendre la température de la source du Lez, à l'aide du thermomètre de Marboutin, par le garde de cette source. Cette température a été prise quotidiennement, dans le bassin même où émerge la source, à 8 mètres de profondeur et durant une période qui va du 1er avril au 15 octobre 1905. Voici le tableau des températures maxima et minima qui ont été notées au cours de cette opération :

Variations de température de la source du Lez

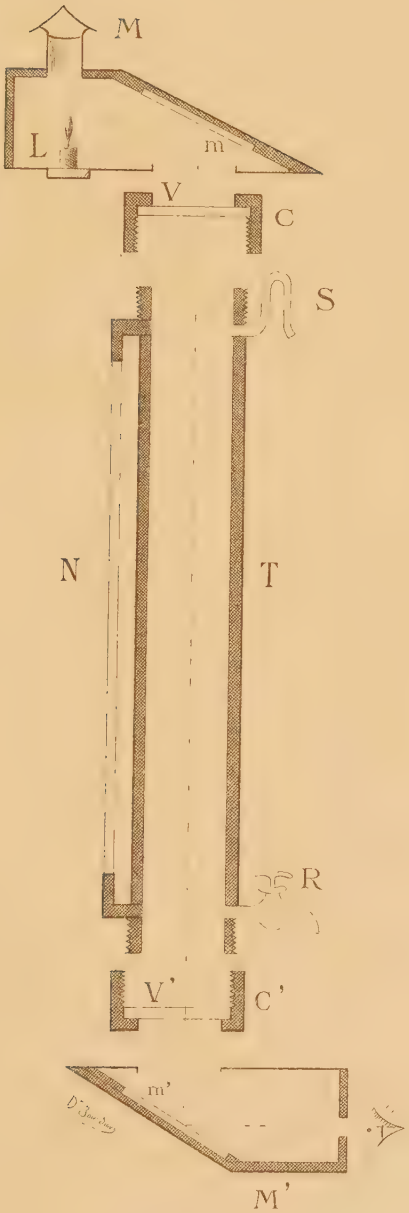
Avril.	15°2	15°4
Mai.	15°1	15°4
Juin.	15°1	15°2
Juillet.	15°1	15°4
Août.	15°1	16°1
Septembre.	15°3	16°5
Octobre.	15°1	16°3

Il ressort de ce tableau que la température a été assez constante pendant les mois d'avril, mai, juin, juillet. En août, septembre et octobre, elle a présenté, au contraire, des variations de 1°2, ce qui tend à démontrer qu'à ces moments la nappe souterraine a été influencée d'une façon plus ou moins directe par la température superficielle. Nous n'avons pas pu établir de rapports précis entre ces variations et les chutes de pluies, et nous nous demandons si ce défaut d'interprétation ne tient à des causes d'erreur par suite de la difficulté même qui existe pour prendre cette température ? La source du Lez étant trop distante de notre ville (18 kil.), nous n'avons pu procéder nous-même à cette opération et nous avons dû en confier le soin au garde, personne très dévouée et remplie de bonne volonté,

mais qui n'a peut-être pas réalisé, dans cette détermination de température, toute la rigueur scientifiquement requise. Il est difficile, en effet, de maintenir le thermomètre au-dessus de la bouche d'émergence de l'eau. La poussée exercée par celle-ci tend à le faire dévier et à l'amener dans le sein d'une masse d'eau qui subit des effets de régularisation provenant d'une part des couches superficielles, et d'autre part des couches inférieures. On sait que c'est grâce à ces phénomènes que les grandes masses d'eau se maintiennent à une température à peu près constante. Il y a là évidemment une cause d'erreur et nous avons cru devoir la signaler.

Limpidité ou turbidité. — On entend par turbidité le louche plus ou moins intense produit par la mise en suspension de corpuscules très nombreux et très petits. On conçoit que la mesure du trouble puisse apporter à l'hygiéniste un nouveau moyen pour juger des variations que subit une eau de source sous l'influence des phénomènes météoriques et partant des souillures minérales organiques ou bactériennes auxquelles elle est exposée.

Pour mesurer cette turbidité, nous avons imaginé, avec mon Maître, le professeur H. Bertin-Sans, un turbidimètre basé sur la résistance plus ou moins grande opposée au passage d'un rayon lumineux par une colonne d'eau dont le trouble est plus ou moins marqué. Cet appareil se compose d'un tube en cuivre vertical T mesurant 1 m. 40 de hauteur et 95 $\frac{m}{m}$ de diamètre ; les deux extrémités portent un pas de vis. Les orifices inférieur et supérieur sont fermés par deux plaques de verre V et V' et l'étanchéité est assurée par des rondelles de caoutchouc ; plaques de verre et ron-



Turbidimètre Bertin-Sans et Ros

delles sont maintenues appliquées contre ces orifices par deux colliers en cuivre C et C' dont le centre est percé d'un trou mesurant 70 $^{m}/_{m}$ de diamètre. Ces colliers sont munis d'un pas de vis qui permet de les visser aux deux extrémités du tube T. Le tube est, en outre, muni à la base d'un robinet R par où on fera arriver l'eau à examiner, et latéralement d'un tube en verre N faisant fonction de niveau à eau; enfin à la partie supérieure existe un petit tube en S communiquant avec l'intérieur de l'appareil et qui permettra l'échappement de l'air lorsque l'eau s'élèvera dans le tube T. Le tube est gradué en centimètres. On a donc un véritable tube polarimétrique fermé à ses deux extrémités. Ce tube est, en outre, muni de deux manchons M et M', l'un supérieur, l'autre inférieur, qui viennent s'adapter par un système de vis à pression aux deux extrémités. Les manchons présentent une partie plane percée d'un trou de 65 $^{m}/_{m}$ de diamètre, lequel doit se mettre en regard des plaques de verre. L'un des côtés latéraux de chaque manchon est incliné à 45° et porte un miroir enchâssé. Dans le manchon inférieur, en regard du miroir se trouvent deux œilletons devant lesquels se placera l'observateur. Dans le manchon supérieur, en regard du miroir, et distante de 20 centimètres, se trouve une source lumineuse L qui devra toujours présenter la même intensité.

Pour apprécier plus sensiblement le degré de turbidité, nous avons disposé sur la plaque de verre de l'orifice supérieur la photographie d'une échelle d'acuité dont on fait usage en ophtalmologie.

Les rayons lumineux partant de la source lumineuse viennent se réfléchir sur le miroir M, ils traversent l'échelle d'acuité et la colonne d'eau, sont reçus sur le miroir infé-

rieur m' et sont de nouveau réfléchis vers l'œil de l'observateur.

Fonctionnement de l'appareil. — On commence par faire fonctionner la source lumineuse ; puis on fait arriver l'eau dans le turbidimètre par le robinet R. Quand le tube est rempli totalement, on ferme le robinet. A ce moment, l'observateur se place en regard des œilletons du manchon inférieur et constate l'aspect que présente l'eau. On peut se trouver en présence de deux cas : ou bien l'eau est limpide; dans ce cas, elle se laissera parfaitement traverser par les rayons lumineux et on pourra distinguer nettement les caractères de l'échelle d'acuité ; ou bien l'eau est trouble et s'oppose au passage de la lumière. Pour déterminer alors le degré de turbidité, il suffit de faire écouler l'eau très lentement par le robinet R ; on arrêtera l'écoulement lorsque l'on sera parvenu à lire les caractères de l'échelle d'acuité. La hauteur de la colonne d'eau indiquée en centimètres donnera alors le degré du trouble. Il va sans dire que le degré de turbidité sera en raison inverse de la hauteur de la colonne d'eau.

Grâce à notre turbidimètre, nous avons pû examiner l'eau journellement, au robinet du Laboratoire, au moment des pluies et nous rendre compte de la vitesse avec laquelle cette eau se troublait. Au début de nos recherches, notre turbidimètre étant en construction, nous avons évalué la transparence en nous basant sur l'épaisseur qu'il fallait donner à une couche de cette eau, interposée entre l'œil et un objet type, pour qu'il devînt impossible de distinguer cet objet. Celui-ci était maintenu à une distance constante et présentait toujours sensiblement le même éclairement.

A la suite d'une chute de pluie de 48 $^{m}/_{m}$ survenue le 22 mars 1905, nous avons pu constater dès le lendemain, c'est-à-dire vingt-quatre heures après, un trouble sous une épaisseur de 70 $^{c}/_{m}$. Le 23 mars il tombe encore 77 $^{m}/_{m}$ de pluie et le trouble devient manifeste sous une épaisseur de 28 $^{c}/_{m}$; il avait atteint ainsi une intensité double. Cette eau n'a recouvré sa limpidité que le 3 avril, c'est-à-dire 11 jours après.

Le 11 avril 1905, nouvelle chute de pluie de 5 $^{m}/_{m}$; le 12, 4 $^{m}/_{m}$, et le 13 avril, soit 48 heures après le début de la pluie, nous constatons un très léger trouble. Le 19 avril, une chute de pluie survient encore; le lendemain, soit vingt-quatre heures après, l'eau est trouble sous une épaisseur de 1 mètre.

Du 4 au 8 mai se produisent quelques chutes de pluie de faible intensité et qui influencent légèrement la limpidité de l'eau.

Le 1er, le 2, le 3 et le 4 juin 1905, nous notons une chute de pluie totale de 26 $^{m}/_{m}$. Le 3, l'eau commençait à perdre sa limpidité: le 4, elle était trouble sous une épaisseur de $0^{m}95$ de notre turbidimètre ; le 5, le trouble s'accentue et passe à $0^{m}65$. L'eau ne recouvre sa limpidité que le 16 juin, c'est-à-dire onze jours après.

Le 29 mars 1906, sous l'influence d'une chute de pluie de 30 $^{m}/_{m}$ survenue les 26, 27 et 28, l'eau se trouble sous une épaisseur de $1^{m}15$; mais le temps se met au beau et l'eau redevient limpide le 2 avril, c'est-à-dire quatre jours après. Du 30 octobre au 1er novembre 1906, une chute de pluie assez importante se fait sur tout le périmètre d'alimentation de la source, l'eau est trouble le 1er novembre sous une épaisseur de 95 $^{c}/_{m}$.

Nous aurions pu augmenter le nombre de ces observations;

toutes indiquent que l'eau se trouble assez rapidement après des chutes de pluie d'une certaine importance. Cependant nous devons ajouter qu'il n'y a pas toujours parallélisme entre les variations du niveau de la source et la turbidité de l'eau ; nous devons signaler qu'il existe des cas où le niveau s'est élevé sensiblement, voir même de 25 $^{c}/_{m}$, sans que la transparence de l'eau ait été modifiée. Il n'en reste pas moins établi que la turbidité de l'eau de la source du Lez est le plus souvent en rapport presque immédiat avec des chutes de pluie; mais, nous le répétons, il faut que ces chutes de pluie aient atteint une certaine intensité. Nous avons pu encore remarquer que la fonte des neiges influe d'une façon plus notoire sur la limpidité de l'eau de notre source.

Couleur, Odeur, Saveur. — Les eaux de la source du Lez ne présentent aucune particularité à signaler au point de vue de ces trois caractères organoleptiques.

Résistance électrique.—Cette méthode est basée sur la résistance qu'oppose au passage d'un courant électrique une masse d'eau; cette résistance sera naturellement en rapport avec la teneur en sels de cette eau. Cette méthode permet de noter les variations brusques et de courte durée que peuvent subir les eaux de source et comme conséquence elle incitera à la recherche des causes de perturbation. Appelée par M. Diénert « une méthode de signalement », elle justifie de la façon la plus heureuse son appellation.

Cependant nous n'avons pas cru devoir l'appliquer dans notre étude, parce que nous pensons que les résultats qu'elle nous aurait donnés n'auraient pu que confirmer

ceux que nous avons déjà obtenus à l'aide des autres méthodes physiques, et que, d'autre part, nous ne nous préoccupions pas dans notre étude d'avoir des résultats immédiats. Nous reconnaissons cependant que cette méthode est appelée à rendre de grands services dans la *pratique courante de surveillance des eaux de source.*

CHAPITRE III

ANALYSE CHIMIQUE

Les résultats de l'analyse chimique ont tout d'abord guidé l'hygiéniste, dans la détermination de la potabilité d'une eau. On étudiait surtout la minéralisation et on commençait à peine à se préoccuper de l'étude de la matière organique lorsqu'apparut la bactériologie qui permit de déceler dans les eaux la présence des germes. On eut alors une tendance à délaisser l'analyse chimique pour s'occuper exclusivement de la recherche des microorganismes et particulièrement des germes pathogènes. Mais l'expérience a montré que la bactériologie, avec les méthodes de recherches dont elle dispose actuellement, ne peut pas suffire pour déterminer la valeur hygiénique d'une eau. Cette détermination comprend, en effet, toute une série de recherches destinées à nous faire connaître quels sont les éléments minéraux, organiques et organisés qu'elle renferme ; or les uns sont du domaine de l'analyse chimique, les autres de l'analyse bactériologique, et ces deux sciences se complètent nécessairement sans pouvoir se substituer l'une à l'autre.

De plus, la rapidité des résultats fournis par l'analyse

chimique vient en quelque sorte pallier la lenteur relative des résultats de l'analyse bactériologique. Et, en effet, depuis que le mystère des phénomènes biologiques qui se passent dans l'eau a pu être pénétré par la chimie, on a eu les moyens de reconnaître approximativement et en quelques heures l'état de pollution ou de pureté d'une eau. Ces données, que nous pourrions appeler des données bio-chimiques, auront d'autant plus de valeur qu'on pourra les comparer à des analyses de la même eau faite à des époques différentes. Ici encore, l'étude de la variabilité nous fournira de précieux renseignements.

L'analyse chimique devra donc porter :

1° Sur l'altérabilité de l'eau ;

2° Sur les gaz dissous dans l'eau ;

3° Sur les sels minéraux ;

4° Sur les matières organiques.

Dans notre travail sur les eaux de la source du Lez, nous nous sommes borné à l'étude de la minéralisation et à celle de la matière organique, parce que ces données nous suffisaient pour l'objet de nos recherches, qui, ainsi que nous l'avons déjà dit, portent particulièrement sur les variations de composition que subissent les eaux sous l'influence des phénomènes météoriques.

Voici la technique opératoire que nous avons suivie :

Prise de l'échantillon. — Pour chaque analyse 5 litres d'eau ont été prélevés, soit au robinet du Laboratoire d'hygiène de l'Institut de biologie, soit à la source du Lez, à la bouche même d'émergence. Cette eau était renfermée dans des bouteilles blanches dont nous avions procédé à un nettoyage rigoureux. Toutes les fois que nous avons fait

des prélèvements au robinet du Laboratoire, nous l'avons laissé couler, au préalable, pendant plusieurs heures de suite. Nous avons également noté au moment du prélèvement les données météorologiques qui pouvaient nous intéresser.

A. Etude de la minéralisation

Hydrotimétrie. — L'analyse hydrotimétrique ayant bien perdu de son importance, nous nous sommes contenté de déterminer par cette méthode :

1° Le degré hydrotimétrique total sur 40 cc. d'eau ;

2° Le degré hydrotimétrique permanent qui se prend sur l'eau après ébullition. Un volume d'eau est mis en ébullition pendant une demi-heure ; on laisse refroidir, on ramène au volume primitif par addition d'eau distillée, et on filtre; on prend 40 cc. de liquide filtré et on prend de nouveau le degré hydrotimétrique.

Nous nous sommes servi d'une liqueur de savon que nous avons préparée selon les règles indiquées dans les ouvrages classiques et que nous avons éprouvée avant chaque dosage à l'aide d'une solution titrée de chlorure de baryum à 0 gr. 55 ‰.

Titrage alcalimétrique. — Renseigne sur la teneur en carbonates alcalino-terreux. A cet effet on utilise :

1° Une solution titrée N /10 de SO^4H^2 ;

2° Une solution sensible aqueuse d'orangé Poirier n° 3. On mesure 500 cc. d'eau à analyser, dans laquelle on introduit deux à trois gouttes de la solution d'orangé Poirier. On

titre à l'acide sulfurique jusqu'à virage très sensible du jaune-brun au rose.

On fait un témoin, avec la même quantité d'eau distillée et d'orangé, qui, avec un réactif bien sensibilisé, doit virer avec une ou deux gouttes d'acide.

On exprime les résultats en acide sulfurique.

Résidu sec a 110°. — On évapore dans une capsule de platine 500 cc. d'eau à siccité en plaçant la capsule au bain-marie. On déssèche à l'étuve à air à 110° pendant quatre heures. Ce résidu contient les sels minéraux et les matières organiques que renfermait l'eau. On admet que ce résidu ne doit pas être supérieur à $0^{gr}500$.

Dosage des sels minéraux. — 1° *Sels qui n'ont pas une grande importance significative* : *Dosage de la chaux et de la magnésie.*— Le résidu sec obtenu dans la détermination du résidu à 110° est repris par de l'eau acidulée par de l'acide azotique ; la solution filtrée est additionnée de chlorure d'ammonium (10 cc. environ d'une solution à 10 %), puis d'ammoniaque et d'oxalate d'ammoniaque en léger excès. On laisse reposer pendant douze heures. Le précipité est recueilli et lavé à H^2O. Après lavage, on le dissout dans de l'acide sulfurique étendu et on titre par une solution de permanganate de potasse à 3 gr. 16 ‰ à chaud : à 1 $Mn^2O^8K^2$ correspondent 5 CaO.

En effet :

$$Mn^2O^8K^2 + 3SO^4H^2 = 2SO^4Mn + SO^4K^2 + 3H^2O + O^5$$
$$5C^2O^4Ca + O^5 = 5CO^2 + 5CO^3Ca$$

3 gr. 16 ou 1000 cc. de la solution de Mn^2O^8K = 2 gr. 80 de CaO

1 cc. — — = 0 gr. 0028 de CaO

Le liquide filtré, c'est-à-dire débarrassé de la chaux, sert à la précipitation de la magnésie ; on y ajoute pour cela du phosphate disodique (PO^4Na^2H). On abandonne pendant vingt-quatre heures dans un endroit frais. On rassemble le précipité qui s'est formé de phosphate ammoniaco-magnésien (PO^4MgAzH^4) sur un filtre et en prenant les précautions habituelles on le lave à l'eau ammoniacale au 1/10^e ; on le sèche, puis on le calcine pour transformer le phosphate ammoniaco-magnésien en pyrophosphate de magnésie ($P^2O^7Mg^2$) et on pèse.

1 gr. de $P^2O^7Mg^2$ contient 0 gr. 1801 de MgO.

Dosage de l'acide sulfurique. — Il s'effectue sur 200 cc. d'eau à analyser que l'on acidule par de l'acide chlorhydrique. On précipite par le chlorure de baryum, le tout étant porté à l'ébullition ; le précipité de sulfate de baryte (SO^4Ba) est recueilli à la manière ordinaire, puis séché, calciné et pesé.

1 gr. de SO^4Ba = 0 gr. 4206 de SO^4H^2.

Dosage de la silice. — On évapore 500 cc. d'eau. Le résidu est repris par HCl, on porte de nouveau à siccité au bain-marie. On humecte avec 5 cc. de HCl et on reporte encore à siccité. On reprend par l'eau acidulée d'acide chlorhydrique, on filtre, on lave, on sèche, on incinère, puis on pèse.

Dosage du fer et de l'alumine. — Dans le liquide filtré qui provient du dosage de la silice, et que l'on concentre pour ramener à un volume de 100 cc. environ, on ajoute de l'ammoniaque jusqu'à réaction franchement alcaline ; puis on porte à l'ébullition. S'il y a un précipité,

on laisse reposer, on filtre, on lave à l'eau bouillante, on sèche, on incinère et on pèse.

2° *Sels indiquant ou pouvant indiquer une souillure* :

Dosage des chlorures. — Nous avons employé le procédé Vohlard calqué sur la méthode de dosage des chlorures dans les urines.

Pour ce dosage, il faut :

1° Une solution N /100 de AzO^3Ag ;
2° Une solution N /100 de $CAzSAzH^4$;
3° Une solution saturée d'alun de fer ammoniacal ;
4° De l'acide azotique pur.

Dans un verre on met :

Eau		250 cc.
AzO^3H		4 cc.
AzO^3Ag N /100		10 cc.
Eau distillée	q. s. p.	500 cc.

Agiter et filtrer.

Dans un second verre, on prépare ;

H^2O	150 cc.
Solut. saturée d'alun de fer ammoniacal.	5 cc.
$HAzo^3$	q. s. p. décolorer

Dans ce liquide, on verse 250 cc. du filtratum précédent. Doser l'argent en excès au moyen de la solution de sulfocyanate d'ammonium N /100, qu'on verse goutte à goutte jusqu'à apparition de la coloration rouge du sulfocyanate ferrique. Si les deux solutions d'argent et de sulfocyanate

se correspondent et si n est le nombre de centimètres cubes de solution de sulfocyanate employés, la quantité de chlore, exprimée en NaCl sera

$$Q = 0{,}00585 \times (5 \text{ cc.} - n) \times 8.$$

Recherche des phosphates. — La présence des phosphates dans une eau d'alimentation, outre qu'elle ne présente aucune utilité, doit rendre cette eau suspecte et l'on doit rechercher leur origine. Dans les eaux de la source du Lez, nous n'avons jamais décelé la présence de ces sels. Nous avons procédé à leur recherche au moyen du nitromolybdate d'ammoniaque en milieu franchement azotique.

On prend : Eau, 100 cc.
Réactif molybdique, 5 cc.

maintenir pendant quelques heures à 50°. La production d'une coloration jaune n'indique pas du tout la présence des phosphates (ce sont les silicates qui donnent cette coloration); la production d'un précipité permet seule d'affirmer la présence des phosphates.

B. **Etude de la matière organique de l'eau**

Les matières organiques que l'eau peut renfermer sont plus à redouter par leur signification que par leur nocivité propre ; leur présence indique, en effet, que cette eau a été l'objet d'une souillure.

Il serait intéressant de connaître la qualité de ces matières organiques, ce qui pourrait mettre l'hygiéniste sur la voie de leur origine.

Dans cette étude, nous avons procédé d'une part à *l'essai*

au permanganate, méthode qui consiste à oxyder la matière organique soit en milieu alcalin, soit en milieu acide. Cette méthode, outre qu'elle permet d'apprécier assez approximativement la teneur en matière organique, qu'elle soit ternaire ou quaternaire, présente encore l'avantage de nous donner une idée sur la nature de cette matière organique. Ainsi que l'ont établi Pouchet et Bonjean, la matière organique d'origine végétale serait plus facilement oxydable en milieu acide, tandis qu'en milieu alcalin ce serait l'oxydation des matières organiques d'origine animale qui se ferait mieux.

D'autre part, nous avons dosé l'azote organique, appelé improprement azote albuminoïde, et nous l'avons encore recherché dans ses stades de transformation. Si on suppose, en effet, la contamination d'une eau par une matière albuminoïde, on ne tardera pas à voir apparaître des phénomènes de fermentation, dans le cas particulier de phénomènes de réduction, qui tendront à transformer l'azote albuminoïde en azote ammoniacal. L'azote ammoniacal ne tardera pas à subir des phénomènes d'oxydation et sera transformé en azote nitreux, qui lui-même sera transformé en azote nitrique. Ce cycle de transformation est le résultat d'une activité microbienne combinée, et l'on comprend tout l'intérêt qu'il y aura à rechercher ou à doser, l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates. Ammoniaque et azote nitreux nous indiqueront la *valeur présente* d'une eau au point de vue de sa pollution ; l'azote nitrique, au contraire, nous indiquera sa *valeur passée.*

Essai au permanganate. — 1° *En milieu alcalin.* — Il faut avoir : 1° une solution de permanganate de potasse

cédant 0 gr. 000.1 d'oxygène par centimètre cube, d'après la réaction :

$$Mn^2O^8K^2 = 2\,MnO \times K^2O \times O^5.$$

316 grammes de permanganate dégageant par conséquent 80 gr. d'oxygène, notre solution devra donc contenir 0 gr. 395 de $Mn^2O^8K^2$ par litre.

2° Une solution de bicarbonate de soude au 1/10e.

3° Une solution de sulfate ferreux ammoniacal fait avec :

SO^4Fe, $SO^4(AzH^4)^2$ n. aq.....	5 gr.
Eau distillée.....	500 cc.
SO^4H^2 concentré.....	20 cc.
H^2O ..... q. s. p..	1000 cc.

4° Une solution d'acide sulfurique (200 cc. acide et 800 cc. eau).

Le dosage s'effectue alors de la façon suivante :

Dans deux ballons différents, on met :

	1er ballon		2e ballon
Eau.....	100 cc.	—	50 cc.
Solut. Co^3HNa.....	10 cc.	—	5 cc.
Solut. permanganate.	10 cc.	—	10 cc.

On fait bouillir pendant dix minutes exactement à partir du moment où se produit l'ébullition ; l'oxydation des matières oxydables a eu lieu en milieu alcalin ; on laisse refroidir à la température ordinaire et on ajoute dans chaque ballon 4 cc. de la solution d'acide sulfurique et 4 cc. de la solution de sulfate de fer ammoniacal. Puis, à froid et au moyen d'une burette graduée on fait couler goutte à goutte de la solution titrée de permanganate jusqu'à coloration

rosée légère; soit n cc. versés dans le ballon n° 1 et n' cc. versés dans le n° 2. $n > n'$ évidemment. On calcule la quantité d'oxygène cédée par le permanganate d'après les équations suivantes :

1er *ballon.* — Ajouté 10 cc. + n cc. de solution de $Mn^2O^8K^2$ qui ont servi à oxyder la matière oxydable de 100 cc. d'eau + 4 cc. de la solution de sulfate ferreux ammoniacal.

2me *ballon.*—Ajouté 10 cc. + n' cc. de solution de $Mn^2O^8K^2$ qui ont servi à oxyder la matière oxydable de 50 cc. d'eau + 4 cc. de la solution de sulfate ferreux ammoniacal.

$n - n'$ = oxygène cédé à matière oxydable de 50 cc.
et $(n - n') \times 20$ = — — de 1.000 cc.

2° *On fait la même opération en milieu acide.*— Dans deux ballons différents, on met :

	1er ballon		2e ballon
Eau à analyser.....	100 cc.	—	50 cc.
Solution acide sulfur.	10 cc.	—	5 cc.
Solut. permanganate.	10 cc.	—	10 cc.

On fait bouillir exactement pendant 10 minutes, on ajoute dans chaque ballon 4 cc. de la solution de sulfate ferreux ammoniacal. Puis on ajoute de la solution de permanganate jusqu'à coloration rosée, soit n_1 et n'_1 cc. employés. En suivant le même raisonnement que précédemment, on arrive à la formule :

$(n_1$ cc. $- n'_1$ cc.$) \times 20$ = quantité d'oxygène cédé par le permanganate pour oxyder la matière organique de 1000 cc. d'eau. Si pendant l'ébullition les ballons n° 1 se décoloraient

complètement, c'est que la quantité de permanganate ajoutée serait insuffisante ; il faudrait alors opérer avec 20 cc. De même quand la différence $n - n'$ est trop faible, il faut opérer sur des volumes d'eau de 200 cc. et 100 cc. au plus.

Dosage de l'azote ammoniacal. — Cet azote se trouve dans l'eau à l'état d'ammoniaque ou de sel ammoniacal. Pour le séparer de l'azote organique qui peut être formé d'amides, on décompose par la magnésie. On reçoit l'ammoniaque dans un volume déterminé d'une solution acide titrée dont on détermine l'excès après l'opération. On prend :

Eau	500 cc.
Magnésie calcinée pure	q. s.

Faire bouillir dans un appareil de Schlœsing et Aubin et recevoir les 2/5e du volume primitif dans

Solution titrée So^4H^2	2 cc.
Eau	10 cc.

Titrer après l'opération l'excès d'acide avec la teinture de cochenille comme indicateur. Le plus souvent la quantité d'ammoniaque que nous avions à doser était tellement faible que nous avons dû titrer par colorimétrie avec le réactif de Nessler et une solution type de chlorure d'ammonium représentant 0gr.000.1 de AzH^3 par cent. cube.

Dosage de l'azote organique dit des albuminoides. — Il est basé sur ce que les corps de nature amidée sont hydrolisés par la potasse avec mise en liberté de AzH^3,

et les corps azotés brûlés par le permanganate, également avec mise en liberté de AzH^3.

On fait d'abord une solution saturée de permanganate de potasse qu'on fait bouillir avec de la potasse pour chasser tout l'azote que pourrait contenir cette solution. On ajoute alors, au résidu de la distillationde l'azote ammoniacal, de la potasse, puis un grand exès de la solution de premanganate (50 cc.de la solution saturée).On recueille comme précédemment AzH^3 formé dans un volume déterminé de solution acide titrée. On détermine l'excès d'acide à la fin de l'opération, c'est-à-dire lorsqu'on a distillé les 2/5e du liquide total. Etant données les quantités faibles d'azote organique contenu dans les eaux de la source du Lez, nous avons effectué ce dosage par colorimétrie, comme pour l'azote ammoniacal.

Recherches des nitrites. — Nous avons employé le réactif suivant :

Métaphénylène-diamine	0 gr. 50
Acide sulfurique concentré	5 cc.
H^2O	100 cc.

Ce réactif doit être conservé en présence de noir animal. On additionne 100 cc. d'eau à examiner, de 2 cc. d'acide sulfurique au 1/2 et de 1 cc. de réactif préalablement filtré. Il se développe une coloration jaune d'autant plus foncée qu'il y a d'azotites.

Dans les eaux de la source du Lez, nous n'avons jamais pu déceler la présence de nitrites malgré la sensibilité de cette méthode.

Recherche et dosage des nitrates. — On évapore à siccité dans une capsule en porcelaine 250 cc. ou 500 cc. d'eau à analyser. Après refroidissement, on ajoute au résidu quelques gouttes du réactif de Grandval et Lajoux ou réactif sulfophéniqué (3 gr. de phénol + 20 cc. de SO^4H^2 concentré et exempt de produits nitreux). On promène le réactif avec un agitateur sur les parois de la capsule, puis on ajoute quelques centimètres cubes d'eau distillée et un excès d'ammoniaque, qui développe une coloration jaune si l'eau renferme des nitrates (par formation d'acide picrique et autres dérivés nitrés du phénol).

Nous avons procédé au dosage des nitrates par la méthode colorimétrique en nous servant d'une solution type d'azotate de potasse dont 1 cc. représentait 0 gr. 000.1 de Az^2O^5.

Si l'eau contenait des nitrites, il faudrait s'en débarrasser au préalable. Pour cela, on prend 250 cc. et plus de l'eau à examiner que l'on ramène par concentration à 10 cc.; on fait bouillir ce résidu pendant cinq minutes avec une solution acétique d'urée.

Urée		1 gr.
Ac. acétique		20 gr.
H^2O	q. s. p.	100 cc.

On évapore ensuite la liqueur au bain-marie, puis on traite le résidu comme précédemment.

Voici le tableau qui indique les limites de la teneur d'une eau potable en ses divers éléments, d'après le Comité consultatif d'Hygiène de France.

SUBSTANCES	EAU TRÈS PURE	EAU POTABLE	EAU SUSPECTE	EAU MAUVAISE
Degré hydrotimétriq. total.	5° à 15°	15° à 30°	Plus de 30°	Plus de 100°
Degré permanent.....	2° à 5°	5° à 12°	12° à 18°	Plus de 20°
Résidu fixe à 110°.....	Moins de 150 mgr	Moins de 400 mgr	De 400 à 700 mgr	Plus de 700
Chlorures (en Cl).....	Moins de 15 mgr	Moins de 40 mgr	50 mgr à 100 mgr	Plus de 100 mgr
Acide sulfurique (en SO^3).	2 mgr à 5 mgr	5 à 30	Plus de 30	Plus de 50
Matières organiques en oxygène emprunté au permanganate en milieu alcalin..	Moins de 1 mgr	Moins de 2 mgr	De 3 à 4	Plus de 4
Nitrates (en Az^2O^5).....	0	0 à 15 mgr	15 à 30	Plus de 30
Nitrites.....	0	0	Traces	Quantité appréciable
Az albuminoïde en AzH^3.	Moins de 0 mgr 05	0 mgr 05 à 0 mgr 10	0,10 à 0,15	Plus de 0,15

N. B. — Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

RÉSULTATS D'ANALYSES CHIMIQUES (1)

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

I

(Faite par M. E. Moitessier)

Date : 6 janvier 1899.
Temps : Il est tombé $3^{m}/_{m}8$ d'eau dans les 7 jours précédents.
Lieu de prélèvement : Echantillon prélevé à l'origine de la canalisation.

Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide.....	0 mg. 4
	en milieu alcalin	0 mg. 28
Ammoniaque.....		faibles traces.
Azote albuminoïde.....		faibles traces.
Nitrites.....		0
Nitrates.....		1 mg.

II

(Faite par M. E. Moitessier)

Date : 22 février 1899.
Temps : Il est tombé $5^{m}/_{m}$ 1 d'eau dans les 7 jours précédents.
Lieu de prélèvement : Echantillon prélevé à l'Aqueduc, près Montpellier.

Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide. . . .	0 mg. 6
	en milieu alcalin . .	0 mg. 3
Ammoniaque (en AzH^3).....		0 mg. 302
Az. albuminoïde (en AzH^3).....		0 mg. 026
Nitrites.....		0
Nitrates.....		2 mg.

(1) On trouvera dans le Chapitre V l'interprétation des résultats de ces différentes analyses.

III

(Faite par M. E. Moitessier)

Date : 6 novembre 1899.

Temps : Il est tombé 65 m/m d'eau dans les sept jours précédents. Eau trouble.

Lieu de prélèvement : Bassin de la source, à 8 m. de profondeur.

Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	1,4
	en milieu alcalin	0,7
Ammoniaque		0
Az. albuminoïde (en AzH^3)		0,065
Nitrites		0
Nitrates		1 mg.

IV

Pour toutes les analyses qui suivent, les prélèvements ont été effectués au robinet du Laboratoire d'hygiène de l'Institut de biologie.

Date : 23 mars 1905.

Temps : Pluvieux. Il est tombé 48 m/m d'eau du 21 au 22 mars et 77 m/m du 22 au 23.

Aspect de l'eau : Trouble sous une épaisseur de 70 cent. (1).

Degré hydrotimétrique		26°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	2 mg.
	en milieu alcalin	1 mg. 4
Ammoniaque		0
Azote albuminoïde (en AzH^3)		0,173

(1) Voir analyse physique : étude de la turbidité.

Nitrites	0
Nitrates	4,6
Résidu sec à 110°	372
Silice (en SiO^3)	12
Chlorures (en Cl)	32
Phosphates	0

V

Date : 1er avril 1905.

Temps : Beau. N'a pas plu depuis le 24 mars.

Aspect de l'eau : Trouble sous une épaisseur de 87 cent. (a été en diminuant depuis le 25 mars).

Degré hydrotimétrique		25°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		259
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	1 mg.
	en milieu alcalin	0,6
Ammoniaque		0
Azote albuminoïde (en AzH^3)		0,138
Nitrites		0
Nitrates (en AzO^3H)		0,28
Résidu sec à 110°		351
Silicates (en SiO^2)		6
Chlorures (en Cl))		28
Phosphates		0

VI

Date : 12 avril 1905.

Temps : Du 10 au 11 avril il est tombé 5 $\frac{m}{m}$ de pluie. Le 11 un orage a sévi entre 5 h. et 6 h., donnant au pluviomètre 4 $\frac{m}{m}$ 25.

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique		25°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		236
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	1,4
	en milieu alcalin	0,6.

VII

Date : 13 avril 1905.
Temps : Pas de pluie depuis 24 heures.
Aspect de l'eau : Léger trouble.

Degré hydrotimétrique		26°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		243,6
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	2 mg 4
	en milieu alcalin	0 mg 8

VIII

Date : 15 avril 1905.
Temps : Orage dans la journée du 14 avril de 3/4 d'heure de durée et ayant amené une chute d'eau de 7 m/m 25.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique		26°
Degré alcalimétrique		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	1 mg 8
	en milieu alcalin	0 mg 6

IX

Date : 16 avril 1905.
Temps : Pluvieux. Il est tombé 32 m/m 75 d'eau dans les 24 heures.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique		25°
Degré alcalimétrique		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 6
	en milieu alcalin	0 mg. 4
Chlorures (en Cl)		21

X

Date : 21 avril 1905.
Temps : Pluvieux. Il est tombé 42 m/m d'eau du 19 au 20 avril et 0 m/m 5 du 20 au 21.

Aspect de l'eau : Léger trouble.

Degré hydrotimétrique	Total	25°
	Permanent	8°
Degré alcalimétrique		255
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 8
	en milieu alcalin	0 mg. 4
Ammoniaque		0
Azote albuminoïde (en AzH^3)		0,075
Nitrites		0
Nitrates (en NO^3H)		0,93
Résidu sec à 110°		416
Silice (SiO^2)		8,4
Fer et alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		163
Sels de magnésie (en MgO)		20,3
Sulfates (en SO^3)		42
Chlorures (en Cl)		30
Phosphates		0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca	0,07170
CO^3Ca	0,23750
CO^3Mg	0,04263
NaCl	0,05004
$(AzO^3)^2Ca$	0,00121
SiO^2	0,00840
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	traces
	0,41148

XI

Date : 23 avril 1905.

Temps : Beau.

Aspect de l'eau : Très léger trouble.

Degré hydrotimétrique total	24°5

Degré alcalimétrique (en SO^4H^2) 246
Oxygène empr. au permanganate { en milieu acide..... 0 mg. 6 ; en milieu alcalin ... 0 mg. 6 }
Chlorures (en Cl)..... 29,7

XII

Date : 25 avril 1905.
Temps : Beau.
Aspect de l'eau : Limpide.
Degré hydrotimétrique total..... 26°
Degré alcalimétrique (en So^4H^2)..... 246
Oxygène empr. au permanganate { en milieu acide..... 0 mg. 8 ; en milieu alcalin.... 0 mg. 6 }
Chlurures (en Cl)..... 26,6

XIII

Date : 27 avril.
Temps : Beau.
Aspect de l'eau : Limpide.
Degré hydrotimétrique total..... 26°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2) 246
Oxygène empr. au permanganate { en milieu acide..... 0 mg. 6 ; en milieu alcalin.... 0 mg. 4 }
Chlorures (en Cl)..... 23,7

XIV

Date : 1er mai 1905.
Temps : Chute de pluie de 0 m/m 5 dans la journée du 30 avril.
Aspect de l'eau : Limpide.
Degré hydrotimétrique { Total..... 25° ; Permanent..... 8° }
Degré alcalimétrique..... 236
Oxygène empr. au permanganate { en milieu acide..... 0 mg. 6 ; en milieu alcalin.... 0 mg. 4 }
Chlorures (en Cl)..... 30

XV

Date : 6 mai 1905.
Temps : Du 3 mai au 6 mai, il est tombé 20 $\frac{m}{m}$ 75 d'eau.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique total		26°
Degré alcalimétrique		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 4
	en milieu alcalin	0 mg. 6
Chlorures (en Cl)		30

XVI

Date : 23 mai 1905.
Temps : Pluie depuis le 17 mai. Il est tombé 27 $\frac{m}{m}$ d'eau du 22 au 23.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	26°
	Permanent	6°+
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		266
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 6
	en milieu alcalin	0 mg. 8
Ammoniaque		traces
Azote albuminoïde (en AzH^3)		1,025
Nitrites		0
Nitrates (en AzO^3H)		1,008
Résidu sec à 110°		404
Silice (en SiO^2)		4,8
Oxyde de fer et alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		158
Sels de magnésie (en MgO)		16
Sulfates (en SO^3)		41
Chlorures (en Cl)		33
Phosphates		0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca	0,0692
$(AzO^3)^2Ca$	0,0013
CO^3Ca	0,2314
CO^3Mg	0,0336
NaCl	0,0543
SiO^2, fer et alumine	0,0048
	0,3946

XVII

Date : 7 juin 1905.

Temps : Du 26 mai au 6 juin, beau temps. Du 6 au 7, il est tombé 12 $\frac{m}{m}$ de pluie.

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique total		26°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		265
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 6
	en milieu alcalin	0 mg. 6
Ammoniaque		0
Azote albuminoïde (en AzH^3)		0,341
Nitrites		0
Nitrates (en AzO^3H)		0,46
Chlorures (en Cl)		33

XVIII

Date : 22 juin 1905.

Temps : Du 18 au 19, il est tombé 18 $\frac{m}{m}$ d'eau.

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	25°
	Permanent	7°
Degré alcalimétrique		265
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 6
	en milieu alcalin	0 mg. 6

Ammoniaque	traces
Azote albuminoïde (en AzH^3)	0,26
Nitrites	0
Nitrates (en AzO^3H)	0,624
Résidu sec à 110°	348
Silice (en SiO^2)	5,8
Oxyde de fer et alumine	traces
Sels de chaux (en CaO)	138
Sels de magnésie (en MgO)	12
Sulfates (en SO^3)	34
Chlorures (en NaCl)	24
Phosphates	0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca	0,0578
$(AzO^3)^2Ca$	0,0008
CO^3Ca	0,2035
CO^3Mg	0,0252
NaCl	0,0393
SiO^2, fer et alumine	0,0058
	0,3324

XIX

Date : 26 juin 1905.
Temps : Beau depuis le 22 juin.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	27°
	Permanent	6°+
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		265
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 8
	en milieu alcalin	0,6
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde (en AzH^3)		0,31
Nitrites		0

Nitrates (en AzO^3H). ..	0,928
Chlorures (en Cl)	24
Phosphates	0

XX

Date : 29 juin 1905.

Temps : Le 27, gros orage du côté de Castelnau. Il est tombé en outre 2 m/m d'eau du 27 au 28.

Aspect de l'eau. Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total.	26°
	Permanent.	7°
Degré alcalimétrique		265
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 4
	en milieu alcalin	0 mg. 6
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde (en AzH^3)		0,15
Nitrites		0
Nitrates (en AzO^3H)..		3,48
Chlorures (en Cl)		22

XXI

Date : 17 juillet 1905.

Temps : Beau depuis le 1er juillet.

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total.	25°
	Permanent.	6°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 4
	en milieu alcalin	0 mg. 4
Ammoniaque		0
Azote albuminoïde (en AzH^3)		0,15
Nitrites		0
Nitrates (en AzO^3H)		0,309
Résidu sec à 110°		368

Silice, fer et alumine	traces
Sels de chaux (en CaO)	145
Sels de magnésie (en MgO)	15
Sulfates (en SO^3)	28
Chlorures (en Cl)	30
Phosphates	0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca	0,0476
$(AzO^3)^2Ca$	0,0004
CO^3Ca	0,2235
CO^3Mg	0,0315
NaCl	0,0459
	0,3489

XXII

Date : 21 juillet 1905.

Echantillon prélevé dans le bassin de la source, au-dessus de la bouche d'émergence.

Temps : Beau temps depuis le 1er juillet.

Niveau de la source sensiblement abaissé.

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	25°
	Permanent	8°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		255
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg 6
	en milieu alcalin	0 mg 4
Ammoniaque		0
Azote albuminoïde		traces
Nitrites		0
Nitrates		0,152
Résidu sec à 110°		360
Silice, fer et alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		143

Sels de magnésie (en MgO)	14
Sulfates (en SO^3)	26
Chlorures (en Cl)	28
Phosphates	0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca	0,0442
$(AzO^3)^2Ca$	0,0001
CO^3Ca	0,2213
CO^3Mg	0,0294
NaCl	0,0459
Silice, fer, alumine	traces.
	0,3409

XXIII

Date : 3 août 1905.

Temps : Orage le 1er août (3 m/m d'eau) et gros orage dans la nuit du 2 au 3 (34 m/m 5 d'eau).

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	26°
	Permanent	7°
Degré alcalimétrique		265
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0 mg. 6
	en milieu alcalin	0 mg. 4
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde		0,025
Nitrites		0
Nitrates		0,624
Résidu sec à 110°		348
Chlorures (en Cl)		27

XXIV

Date : 26 septembre 1905.

Temps : Il est tombé 19 m/m 5 de pluie le 23 septembre (orage).

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	25°
	Permanent	8°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		265
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	1 mg.
	en milieu alcalin	1 mg. 2
Azote ammoniacal (en AzH^3)		0,06
Azote albuminoïde (en AzH^3)		0,226
Nitrites		0
Nitrates (en $HAzO^3$)		0,348
Résidu sec à 110°		348
Silice, fer et alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		147
Sels de magnésie (en MgO)		12
Sulfates (en SO^3)		20,7
Chlorures (en Cl)		29
Phosphates		0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca		0,0352
$(AzO^3)^2Ca$		0,0004
CO^3Ca		0,2381
CO^3Mg		0,0252
NaCl		0,0475
Silice, fer, alumine	traces.	
		0.3464

XXV

Date : 28 septembre 1905.
Temps : Il est tombé 5 $\frac{m}{m}$ 5 d'eau du 27 au 28.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	24°+
	Permanent	8°
Degré alcalimétrique		265

Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide.....	0,2
	en milieu alcalin....	0, 4
Chlorures (en Cl).....		33

XXVI

Date : 4 octobre 1905.
Temps : Beau. Il est tombé 1 $\frac{m}{m}$ de pluie dans la journée du 3.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	26°
	Permanent	10°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2).....		265
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide.....	0,4
	en milieu alcalin....	0,4
Azote ammoniacal (en AzH^3).....		0, 09
Azote albuminoïde.....		0,01
Nitrites.....		0
Nitrates.....		traces
Résidu sec à 110°.....		350
Silice, fer et alumine.....		traces
Sels de chaux (en CaO).....		134,4
Sels de magnésie (en MgO).....		20
Sulfate (en SO^3)		32
Chlorures (en Cl).....		29
Phosphates.....		0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca.		0,0544
$(AzO^3)^2Ca$.	traces.	
CO^3Ca..		0,1992
CO^3Mg.....		0,0420
NaCl.		0,0475
Silice, fer et alumine.....	traces	
		0,3431

XXVII

(Echantillon prélevé dans le bassin de la source, au-dessus de la bouche d'émergence)

Date : 31 octobre 1905.

Temps : Du 24 au 31, il est tombé 17 $\frac{m}{m}$ 5 de pluie. Le niveau de la source s'est élevé de 0 m. 35.

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total.	27°
	Permanent.	8°
Degré alcalimétrique.		265
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0, 4
	en milieu alcalin . . .	0,2
Azote ammoniacal.		traces
Azote albuminoïde (en AzH^3).		0,185
Nitrites.		0
Nitrates (en AzO^3H).		0,216
Résidu sec à 110°.		344
Silice, fer et alumine.		traces
Sels de chaux (en CaO).		138
Sels de magnésie (en MgO^3).		18,4
Sulfates (en So^r).		32
Chlorures (en Cl).		31
Phosphates.		0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca.		0,0544
$(AzO^3)^2Ca$.		0,0002
CO^3Ca.		0,2052
CO^3Mg.		0,0378
NaCl.		0,0508
Silice, fer et alumine.	traces.	
		0,3484

XXVIII

Date : 6 novembre 1905.
Temps : Il est tombé 30 m/m 25 de pluie, du 4 au 6.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	26°
	Permanent	7°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		255
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,4
	en milieu alcalin	0,4
Azote ammoniacal		traces
Azote albuminoïde		0,235
Nitrites		0
Nitrates		0,116
Résidu sec à 110°		348
Chlorures (en Cl)		28

XXIX

Date : 23 novembre 1905.
Temps : Du 14 au 20, il est tombé 18 m/m 5 de pluie.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	27°
	Permanent	5°
Degré alcalimétrique		265
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,2
	en milieu alcalin	0,2
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde (en AzH^3)		0,034
Nitrites		0
Nitrates (en NO^3H)		0,077
Résidu sec à 110°		336
Silice, fer et alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		134
Sels de magnésie (en MgO)		16,5

Sulfates (en SO^3)	51
Chlorures (en Cl)	27
Phosphates	0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca		0,0867
$(AzO^3)^2Ca$		0,0001
CO^3Ca		0,1749
CO^3Mg		0,0346
NaCl		0,0442
Silice, fer et alumine	traces.	
		0,3405

XXX

Date : 12 décembre 1905.

Temps : Période de beau temps (du 20 novembre au 12 décembre)
Froid vif. Gelées fréquentes.

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	26°
	Permanent	6°
Degré alcalimétrique (en So^4H^2)		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,4
	en milieu alcalin	0,6
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde		0,026
Nitrites		0
Nitrates		0,154
Résidu sec à 110°		329
Silice, fer et alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		137
Sels de magnésie (en MgO)		13,68
Sulfates (en SO^3)		30
Chlorures (en Cl)		24
Phosphates		0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca		0,0510
$(AzO^3)^2Ca$		0,0002
CO^3Ca		0,2070
CO^3Mg		0,0285
NaCl		0,0393
Silice, fer et alumine	traces.	
		0,3260

XXXI

Date : 22 décembre.

Temps : Continuation de la période de beau temps.

Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	27°
	Permanent	6°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,2
	en milieu alcalin	0,6
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde		0,017
Nitrites		0
Nitrates (en AzO^3H)		0,154
Résidu sec à 110°		328
Silice, fer et alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		134
Sels de magnésie (en MgO)		12,96
Sulfates (en SO^3)		16,56
Chlorures (en Cl)		27
Phosphates		0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca		0,0281
$(AzO^3)^2Ca$		0,0002
CO^3Ca		0,2193
CO^3Mg		0,0272
NaCl		0,0442
Silice, fer, alumine	traces.	
		0,3190

XXXII

Date : 28 décembre 1905.
Temps : Il est tombé 12 $^{m}/_{m}$ de pluie du 27 au 28.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	28°
	Permanent	6°
Degré alcalimétrique		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,4
	en milieu alcalin	0,4
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde		0,015
Nitrites		0
Nitrates (en AzO^3H)		0,077
Résidu sec à 110°		334
Silice, fer, alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		138
Sels de magnésie (MgO)		12,9
Sulfates (en SO^3)		22,7
Chlorures (en Cl)		24
Phosphates		0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca		0,03859
$(AzO^3)^2Ca$		0,00010
CO^3Ca		0,21812
CO^3Mg		0,02709
NaCl		0,03936
Silice, fer, alumine	traces.	
		0,32326

XXXIII

Date : 4 janvier 1906.
Temps : Du 28 décembre 1905 au 4 janvier 1906, il est tombé 36 $^{m}/_{m}$ d'eau.

Aspect de l'eau : Trouble sous 0 m. 95 d'épaisseur.

Degré hydrotimétrique	Total	27°
	Permanent	6°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	1,8
	en milieu alcalin	0,6
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde		traces
Nitrites		0
Nitrates (en AzO^3H)		0,348
Résidu sec à 110°		336
Silice, fer et alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		134
Sels en magnésie (en MgO)		12
Sulfates (en SO^3)		23,46
Chlorures (en Cl)		24
Phosphates		0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca		0,03988
$(AzO^3)Ca$		0,00045
CO^3Ca		0,21063
CO^3Mg		0,02520
NaCl		0,03936
Silice, fer, alumine	traces.	
		0,31552

XXXIV

Date : 7 janvier 1906.

Temps : Pas de pluie depuis le 4 janvier.

Aspect de l'eau : Trouble sous une épaisseur de 1 m. 20. La turbidité de l'eau a passé par les phases suivantes : le 4 : 0 m. 95 ; le 5 : 0 m. 65 ; le 6 : 1 m. 15 ; le 7 : 1 m. 20.

Degré hydrotimétrique	Total	26°
	Permanent	7°

Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)	246
Oxygène empr. au permanganate — en milieu acide	0,2
Oxygène empr. au permanganate — en milieu alcalin	0,4
Azote ammoniacal	0
Azote albuminoïde	traces
Nitrites	0
Nitrates (en AzO^3H)	0,464
Résidu sec à 110°	324
Silice, fer, alumine	traces
Sels de chaux (en CaO)	131
Sels de magnésie (en MgO)	10,08
Sulfates (en SO^3)	23,46
Chlorures (en Cl)	22,7
Phosphates	0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca	0,03988
$(AzO^3)^2Ca$	0,00060
CO^3Ca	0,20438
CO^3Mg	0,02110
NaCl	0,03728
Silice, fer, alumine	traces.
	0,30324

XXXV

Date : 28 janvier 1906.
Temps : Pas de pluie depuis le 19 janvier.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique — Total	28°
Degré hydrotimétrique — Permanent	5°
Degré alcalimétrique	255
Oxygène empr. au permanganate — en milieu acide	0,4
Oxygène empr. au permanganate — en milieu alcalin	0,6
Azote ammoniacal	0

Azote albuminoïde	traces
Nitrites	0
Nitrates	0,232
Résidu sec à 110°	364
Silice, fer et alumine	traces
Sels de chaux (en CaO)	162,4
Sels de magnésie (en MgO)	12,8
Sulfates (en SO^3)	36,57
Chlorures (en Cl)	20,32
Phosphates	0

Composition probable du résidu :

SO^3Ca	0,0621
$(AzO^3)^2Ca$	0,0003
CO^3Ca	0,2445
CO^3Mg	0,0268
NaCl	0,0332
Silice, fer, alumine	traces.
	0,3669

XXXVI

Date : 18 février 1906.
Temps : Du 12 au 18 février, il est tombé 24 $\frac{m}{m}$ d'eau.
Aspect de l'eau : Limpide.

Degré hydrotimétrique	Total	27°
	Permanent	6°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		255
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,2
	en milieu alcalin	0,2
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde		0
Nitrites		0
Nitrates		0,232
Résidu sec à 110°		332
Silice, fer, alumine		traces

Sels de chaux (en CaO)	134,4
Sels de magnésie (en MgO)	15,12
Sulfates (en SO^3)	24,15
Chlorures (en Cl)	27,9
Phosphates	0

Composition probable du résidu :

SO^4Ca		0,0410
$(AzO^3)^2Ca$		0,0003
CO^3Ca		0,2106
CO^3Mg		0,0315
NaCl		0,0457
Silice, fer, alumine	traces.	
		0,3291

XXXVII

Date : 29 mars 1906.

Temps : Du 26 au 29, il est tombé 40 $\frac{m}{m}$ 5 d'eau.

Aspect : Trouble sous une épaisseur de 1 m. 15.

Degré hydrotimétrique	Total	25°
	Permanent	7°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,2
	en milieu alcalin	0,4
Azote ammoniacal		0
Azote albuminoïde		traces
Nitrites		0
Nitrates (en AzO^3H)		0,116
Résidu sec à 110°		342
Silice, fer et alumine		traces
Sels de chaux (en CaO)		136
Sels de magnésie (en MgO)		10,8
Sulfates (en SO^3)		15,18
Chlorures (en Cl)		27
Phosphates		0

Composition probable du résidu :

SO_4Ca		0,0255
$(AzO^3)^2Ca$		0,0001
CO^3Ca		0,2249
CO^3Mg		0,0226
NaCl		0,0442
Silice, fer, alumine	traces	
		0,3173

XXXVIII

Date : 30 mars 1906.
Temps : Beau.
Aspect de l'eau : Trouble sous une épaisseur de 1 m. 25.

Degré hydrotimétrique	Total	27°
	Permanent	8°
Degré alcalimétrique		255
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,4
	en milieu alcalin	0,6
Chlorures (en Cl)		25

XXXIX

Date : 1er avril 1906.
Temps : Beau.
Aspect de l'eau : Trouble sous une épaisseur de 1 m. 30.

Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,6
	en milieu alcalin	0,8
Chlorures (en Cl)		25

XL

Date : 3 avril 1906.
Temps : Beau.
Aspect de l'eau : Limpide.

Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	0,4
	en milieu alcalin	0,6

CHAPITRE IV

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

La bactériologie vient apporter dans l'étude de la valeur hygiénique d'une eau un élément précieux de diagnostic. Elle éclaire les données qui nous ont été fournies par les sciences que nous venons de passer en revue ; elle est en quelque sorte le complément de ces sciences. Et, en effet, si la géologie, l'hydrologie, la chimie, peuvent nous faire présumer des causes de contamination dont une eau est ou peut être le siège, l'analyse bactériologique permet de mettre cette souillure en évidence ; elle peut même, dans quelques cas, nous faire connaître la gravité de cette souillure en nous révélant dans l'eau la présence de germes pathogènes.

C'est ainsi que dans l'étude des eaux de la source du Lez, que nous avons entreprise, l'analyse bactériologique vient couronner la série des résultats déjà éloquents obtenus grâce à la géologie, l'hydrologie et la chimie. Elle répand un peu plus de lumière sur les phénomènes d'observation qui, jusqu'à présent, ne pouvaient faire naître que le doute et la suspicion. Mais encore, que de difficultés il reste à vaincre dans la recherche des infiniment petits qui peuplent l'eau ? Que de problèmes sont encore à résoudre ! Cette réserve justifie ce que nous avons dit au chapitre précédent,

à savoir que les différentes sciences que nous avons envisagées se complètent sans pouvoir se substituer les unes aux autres.

Dans cette étude bactériologique, nous nous sommes occupé particulièrement de la variabilité du nombre de germes et quelquefois de la nature de certains d'entre eux, nous inspirant des conclusions du professeur Abba, de Turin (1) :

« 1° On ne peut en général fixer *a priori* quelle doit être la teneur normale d'une eau en bactéries pour pouvoir la déclarer potable ;

» 2° Toute eau a une teneur propre en bactéries qui ne peut être déterminée qu'à la suite de nombreuses analyses bactériologiques, faites dans toutes les conditions possibles ;

» 3° Considérant que les eaux des vraies sources et des nappes profondes bien protégées sont ou stériles ou très pauvres en germes, on peut dire qu'une bonne eau potable doit avoir en tout temps un nombre de bactéries aussi faible que possible ;

» 4° La teneur normale bactérienne d'une eau est la moyenne des résultats, lorsque les résultats diffèrent peu les uns des autres : au lieu d'une moyenne, il vaut mieux donner les chiffres minima et maxima, qui font mieux connaître la situation vraie ;

» 5° Une eau dont la teneur varie sans cesse et sans règle, ou dont le nombre des germes s'élève brusquement à la suite de causes connues ou non, peut être regardée comme insuffisamment protégée ;

(1) Sull' interpretazione dei resultati bacterologia nel guidizio di potabilita della acque — (Revista d'Igiena esanita publica, 1903).

» 6° et 7° Pour déclarer une eau contaminée et dangereuse, il n'est pas nécessaire que l'analyse chimique ait confirmé la présence de substances étrangères ou qu'une épidémie se soit déclarée : il suffit que la teneur bactérienne se soit élevée notablement. »

La variabilité du nombre et de la nature des germes, qui peuvent être des bactéries pathogènes, des bactéries suspectes ou des bactéries inoffensives, dépendra d'un ensemble de conditions de lieu, de température, de nutrition et de causes accidentelles d'apport. Ces causes d'apport sont liées, ainsi que le fait remarquer le Dr Imbeaux, à deux facteurs :

1° A l'*intensité de la pullulation* des germes à la surface et dans les premières couches du sol ;

2° A l'*intensité de pénétration* des germes dans la profondeur, laquelle est la conséquence de la force et de la rapidité de la pénétration de l'eau de pluie, véhicule des germes dans le sol.

Ces facteurs sont eux-mêmes sous la dépendance de la constitution géologique du sol et des phénomènes météorologiques. Ainsi que cela a pu être constaté par différents auteurs (Dr Imbeaux, Professeur Abba), il se produit de véritables crues microbiennes dans les nappes insuffisamment protégées et ces crues correspondent à des averses qui pénètrent rapidement et facilement dans le sol, surtout lorsque ces averses succèdent brusquement à des périodes de sécheresse plus ou moins prolongées. Ces auteurs ont même montré qu'il y avait un rapport entre les crues microbiennes se produisant dans ces conditions et les poussées typhiques. Notre camarade, le Dr Bouguen, dans sa thèse sur la *Morbidité typhique à Montpellier*, a essayé également de montrer ces rapports. Nous ne reviendrons pas sur cette

discussion qui dépasse les limites de notre travail, mais nous tenons cependant à signaler une de ses conclusions qui nous paraît intéressante au point de vue qui nous occupe : « Les chutes de pluies paraissent exercer une influence d'autant plus marquée sur la morbidité typhique, qu'elles se produisent après une longue période de sécheresse. »

Il nous reste à décrire maintenant les procédés que nous avons employés dans nos recherches bactériologiques en indiquant, pour chacun, l'intérêt qu'il présente.

I. — Analyse quantitative

Cette méthode de recherches ne justifie pas à proprement parler sa dénomination. Il conviendrait mieux de l'appeler « Analyse quantitative relative »; en effet, les procédés actuellement en usage ne nous permettent pas de cultiver tous les microbes qui existent dans l'eau. Quel que soit le procédé que l'on emploie, le milieu de culture ne convient jamais à la totalité des germes ; la température à laquelle sera soumis ce milieu de culture ne favorisera pas indifféremment leur développement. Enfin, il existe de catégories de germes, les aérobies et les anaérobies, et les conditions dans lesquelles nous nous serons placés seront favorables aux uns et nuisibles aux autres. Couramment on ne se préoccupe que des aérobies.

A ces difficultés viennent s'en ajouter d'autres : l'analyse quantitative nous renseigne sur le nombre relatif des individus et non sur le nombre des espèces. De là de graves discussions, dans le monde des hygiénistes, sur la valeur de cette analyse. Il est incontestable qu'un vague inévitable plane sur les conclusions de l'analyse quantitative ; mais l'expé-

rience a démontré qu'elle peut fournir de précieux renseignements, surtout quand on suit une eau dans les variations qu'elle peut subir dans sa teneur bactérienne habituelle et qu'on opère toujours avec la même méthode. C'est là, d'ailleurs, une condition indispensable pour que les résultats de l'analyse quantitative soient comparables. Ainsi que le pense le Professeur Abba, de Turin, le pronostic des crues bactériennes est toujours défavorable : Aujourd'hui la majeure partie des hygiénistes se rangent à cette opinion.

Technique de l'analyse quantitative. — Nous avons employé les procédés qui sont en usage courant dans les laboratoires de M. le Professeur Rodet. Cela nous a permis de pouvoir comparer nos résultats à ceux que nous empruntons aux travaux effectués dans ces laboratoires. M. le Professeur agrégé Lagriffoul nous a particulièrement aidé de ses conseils et nous a donné toutes les indications relatives à ces procédés ; nous le prions d'agréer nos vifs remerciements pour l'amabilité qu'il nous a témoignée.

Pour faire une analyse quantitative, il faut avoir :

1° Des tubes de gélatine-gélose ;

2° Des boîtes de Pétri stérilisées au four-à-flamber de Pasteur ;

3° Des pipettes jaugées stérilisées dans des tubes à essai.

Milieu de culture. — Voici la formule de la gélatine-gélose que nous avons employée :

1° *Faire dissoudre* :

Sucre	10 gr.
Chlorure de sodium	10 gr.
Peptone Chapoteaut	15 gr.
Gélatine	150 gr. (140 en hiver).
Eau	600 gr.
Glycérine	3 gr.

2° *Faire dissoudre* :

Agar-agar.....	4 gr. (2 gr. en hiver)
Eau.....	300 gr.

Mélanger les deux solutions. Laisser refroidir au-dessous de 50°, ajouter un blanc d'œuf. S'assurer de l'alcalinité, puis stériliser à 120° pendant 20 minutes. Filtrer à chaud sur papier Chardin. Répartir par tubes (10 cc. par tube). Boucher au coton. Stériliser de nouveau à 115° pendant 15 minutes.

Au moment d'effectuer l'analyse, on prend six tubes de gélatine-gélose que l'on fait liquéfier à une douce chaleur (au moment de l'ensemencement, la température ne doit pas dépasser 35°). Puis, à l'aide de la pipette jaugée et stérilisée, on ensemence respectivement dans chacun des tubes : I-II-III - IV - V - VI gouttes de l'eau à analyser. On rend le mélange homogène par agitation et on coule dans des boîtes de Pétri en ayant soin d'éviter toute souillure par l'air. On attend que la gélatine-gélose se soit solidifiée, puis on retourne les boîtes de telle façon que la couche de gélatine se trouve appliquée sur leur voûte. Cela a pour but d'éviter l'envahissement par les liquéfiants ; en effet, dès qu'une colonie liquéfiante prend naissance, le liquide forme goutte et tend à tomber sur le couvercle inférieur de la boîte, au lieu de s'étaler à la surface de la gélatine. Dans ces conditions, chaque élément microbien emprisonné séparément donnera naissance à une colonie.

Ces boîtes, ainsi renversées, sont placées dans une étuve dont la température doit être de 22° à 24°. On commence la numération à partir du 2e ou du 3e jour. Pour cela, on marque d'un point noir les colonies au fur et à mesure qu'elles appa-

raissent — en général on fait cette opération toutes les 24 heures — et on note au jour le jour les nouvelles colonies qui se développent. On s'accorde à pousser cette numération jusqu'au 15e jour. La chose est rendue quelquefois impossible par les liquéfiants qui envahissent les plaques de gélatine. Pour avoir alors approximativement la teneur bactérienne, telle qu'elle aurait été au 15e jour, on multiplie le nombre de germes noté jusqu'au moment de la liquéfaction par un coefficient donné par Miquel. Voici, d'après Miquel, quel est le coefficient à appliquer pour les différents jours :

Durée d'incubation	Colonies écloses °/oo	Coefficient
1er jour.	20	50
2e —	136	7,353
3e —	254	3,937
4e —	387	2,584
5e —	530	1,887
6e —	637	1,570
7e —	725	1,379
8e —	780	1,282
9e —	821	1,224
10e —	859	1,164
11e —	892	1,121
12e —	921	1,086
13e —	951	1,052
14e —	976	1,024
15e —	1000	1,000

Analyse qualitative. — Il est très difficile de mettre en évidence, dans les eaux, la présence du bacille d'Eberth ; aussi nous sommes-nous borné à la recherche des bacilles coliformes. La signification à donner à la présence du colibacille dans une eau est très controversée ; on voit différents

bactériologistes, et des plus distingués, soutenir les opinions les plus opposées, les uns lui accordant la valeur d'un germe pathogène, les autres ne voyant en lui qu'un vulgaire saprophyte.

C'est là que se placent les travaux de M. le Professeur Rodet et de G. Roux (1889), qui montrèrent que le bacille d'Eberth ne se rencontrait presque jamais dans l'eau, et qu'il périssait d'ailleurs rapidement même dans du liquide filtré de fosses d'aisance. Leurs travaux ont eu le grand mérite d'attirer l'attention des hygiénistes sur le colibacille ; et si l'on s'accorde aujourd'hui à reconnaître que le bacille typhique et le colibacille sont deux germes différents, il n'en reste pas moins établi qu'il existe entre eux des liens de parenté et que l'on doit considérer le Bactérium Coli sinon comme un germe pathogène, du moins comme un germe suspect.

Dans certaines circonstances, qui nous sont encore inconnues, il peut, en effet, devenir virulent et être l'agent de certaines affections pathologiques : les entérites, le choléra nostras, le choléra infantile, les dysenteries, lui sont particulièrement imputés. Mais alors un problème grave se pose : doit-on rejeter de la consommation une eau parce qu'on y aura décelé la présence du colibacille ? Si on suivait cette règle, la majeure partie des eaux potables seraient à rejeter, ce qui serait évidemment exagéré.

Les auteurs qui se sont occupés de cette question, et en particulier Kaiser (1), Hagemann (2) et Vincent (3) attachent une grande importance au nombre de colibacilles renfermés dans l'eau. Voici la gamme qui a été donnée par

(1) Kaiser : Archiv. für Hug.; LII, 1905.

(2) Hagemann : Viertelj. f. gerichtl; Med. und Offentlich. Sanitatswessen XXIX, 1905.

(3) Vincent : Annales de l'Institut Pasteur, 1905.

Vincent et qui permet de classer les eaux potables d'après leur teneur en colibacilles par litre :

Eau pure	Pas de coli
— assez bonne	10 à 50
— passable, médiocre (à surveiller)	50 à 100
— mauvaise (impropre à la consommation)	1.000 à 10.000
— dangereuse (sûrement souillée par des matières fécales)	au-dessus de 10.000

Devant cette difficulté d'interprétation, la bactériologie doit faire appel à la chimie. Si l'analyse chimique nous indique l'existence dans une eau de matières organiques, de quantités notables de chlorures et de phosphates, en même temps que l'analyse bactériologique révèle la présence de bacilles coliformes, on peut alors conclure à une souillure par les matières fécales. Ainsi que le font remarquer Ogier et Bonjean : «Toutes ces observations démontrent qu'il faut apporter une grande prudence dans l'interprétation des résultats contingents de l'examen bactériologique des eaux. Ces résultats n'auront de réelle valeur que lorsqu'ils seront appuyés par les données de l'analyse chimique et par les renseignements géologiques et sanitaires. »

Technique de la recherche des bacilles coliformes. — Nous avons employé la méthode de Péré plus ou moins modifiée : le principe de cette méthode repose sur l'isolement des bacilles coliformes par passages successifs en bouillon phéniqué à 37°-38° et en bouillon normal à 44°. On ensemence :

1° Dans un flacon stérilisé : 10 cc. bouillon de Liebig + 2 cc. sol. acide phénique à 5 % + 100 cc. eau à analyser.

2° Dans un 1er tube : 10 cc. bouillon ordinaire + 15 gouttes acide phénique à 5 % + 10 cc. eau à analyser.

3° Dans un 2e tube : 10 cc. bouillon ordinaire + 7 gouttes acide phénique à 5 % + 1 cc. eau à analyser.

4° Dans un 3e tube : 10 cc. bouillon ordinaire + 7 gouttes acide phénique 5 % + 0 cc. 1 eau à analyser.

On porte ce flacon et ces tubes à l'étuve à 37°-38°. Au bout de 24 heures, on les examine. S'ils ont cultivé, ce qui se reconnaît au trouble produit, on ensemence de nouveaux tubes de bouillon phéniqué à l'aide de ces premières cultures : cela constitue le deuxième passage en milieu phéniqué. 24 heures après, si ces tubes ont encore cultivé, on effectue un troisième passage dans les mêmes conditions. Au bout de ce troisième passage, c'est-à-dire 24 heures après, si on obtient de nouveau un résultat positif, on procède à un ensemencement en bouillon normal non phéniqué et on porte à l'étuve à 44°. Si les germes s'y développent, il y a de fortes présomptions pour que ce soient des bacilles coliformes. On les caractérise plus spécialement par les moyens suivants ;

1° *Examen en goutte* : Les coliformes sont mobiles ;

2° *Coloration* : Ils ne prennent pas le gram ;

3° *Culture sur gélatine* : La gélatine n'est pas liquéfiée :

4° *Culture dans milieu lactosé tournesolé* : Le lactose fermente ; le milieu devient acide et le tournesol vire au rouge ;

5° *Culture dans milieu de Rothberger* (*au Neutral. Roth*) : Le milieu vire au jaune canari avec fluorescence verte.

6° *Culture en lait* : Le lait se coagule ;

7° *Production d'Indol* dans les solutions de peptone pancréatique. On met l'indol en évidence en additionnant à 5 cc. de culture 1 cc. de solution de nitrite de potasse à 0,02 % et 1 cc. d'acide sulfurique au 1 /4 : il se développe une coloration rosée plus ou moins intense.

8° *Séro-réaction.* — Ces bacilles sont agglutinés par le sérum d'un animal immunisé à cet effet. Cette réaction est assez spéciale à la variété de colibacille qui a servi à produire l'immunisation. Or, on peut rencontrer dans l'eau toute une série de paracolibacilles, et on obtiendra par suite avec les différentes espèces des phénomènes d'agglutination plus ou moins nets.

Essai physiologique. — Cette expérience a pour but de montrer s'il existe des germes pathogènes dans une eau. Voici comment on l'effectue : A 100 cc. d'eau à analyser, on ajoute 30 cc. de bouillon normal et on porte à l'étuve à 37°-38°. Si le milieu cultive, on fait deux autres passages successifs dans les mêmes conditions et à 24 heures d'intervalle. Le dernier tube est laissé à l'étuve pendant 7 jours. On injecte alors 1 cc. de cette culture dans le péritoine d'un cobaye de 300 gr. environ et on note les réactions qui se produisent chez cet animal.

Résultats de l'analyse bactériologique

Le prélèvement des échantillons a été effectué avec toutes les indications classiquement requises, soit au robinet du Laboratoire d'hygiène, soit en dehors de l'Institut de biologie et en différents points de la canalisation.

Dans le premier cas, nous avons reçu l'eau dans un flacon stérilisé, après avoir laissé couler le robinet pendant plusieurs heures, et nous avons procédé immédiatement aux ensemencements. Dans le deuxième cas, l'échantillon prélevé avec soins a été placé dans la caisse glacière de Miquel, et transporté au Laboratoire où l'ensemencement a été effectué dès son arrivée.

ANALYSES (1)

DATES	OBSERVATIONS	LIEUX de PRÉLÈVEMENT	NOMBRE de bactéries par cent. cub.	B. COLI PRÉSENT dans	EFFET de la culture mixte sur le cobaye
1. 6 Janv. 1899	Pluie tombée à Montpellier pendant les 7 jours précédents: $3^{m}/_{m}8$.	*a*) Bassin de la source à 5 m. de profondeur.	393	X gouttes	Mort
—	—	*b*) Aqueduc à l'origine.	309	10 cc.	Survie
—	—	*c*) Aqueduc près de l'origine.	77	30 cc.	Mort
—	—	*d*) Aqueduc près de Montpellier.	83	X gouttes	Survie
2. 21 Févr. 1899	Pluie tombée à Montpellier pendant les 7 jours précédents: $5^{m}/_{m}1$.	*a*) Aqueduc.	177	10 cc.	»
—	—	*b*) Borne-fontaine.	205	10 cc.	»
—	—	*c*) Borne-fontaine.	133	X gouttes	»
—	—	*d*) Borne-fontaine.	169	X gouttes	»
—	—	*e*) Borne-fontaine.	165	X gouttes	»
3. 24 Févr. 1899	Il n'a pas plu depuis le 18.	Bassin de la source.	125	10 cc.	Survie
4. 6 Nov. 1899	Il est tombé à Montpellier dans les 7 jours précédents: $64^{m}/_{m}5$; l'eau est trouble.	Bassin de la source à 8 m. de profondeur.	1437	I goutte	Survie

(1) Nous devons les résultats des vingt premières analyses à l'obligeance de MM. Poujol, Moitessier et Lagriffoul.

DATES	OBSERVATIONS	LIEUX de PRÉLÈVEMENT	NOMBRE de bactéries par cent. cub.	B. COLI PRÉSENT dans	EFFET de la culture mixte sur le cobaye
5. 8 Nov. 1899	Depuis le 6 : 2 m/m l'eau est trouble.	Robinet de l'Institut.	1250	X gouttes	Mort (pyocyaniq.)
6. 3 Févr. 1902	Le 31 janvier : neige ; les 1er et 2 février : 12 m/m 6 de pluie.	—	1585	100 cc.	»
7. 24 Févr. 1902	Depuis le 15 février : 1 m/m 5.	—	500	100 cc.	»
8. 17 Mars 1902	Presque pas de pluie depuis le 5 : 1 m/m le 15.	—	750	10 cc.	Survie
9. 14 Avril 1902	Dans les 3 jours précédents : 127 m/m 5	—	1640	X gouttes	»
10. 28 Av. 1902	Dans les 5 jours précédents : 85 m/m.	—	1235	X gouttes	»
11. 12 Mai 1902	Presque pas de pluie depuis le 30 avril ; 5 m/m le 5 mai.	—	430	10 cc.	»
12. 9 Juin 1902	Dans les 4 jours précédents : 11 m/m 5.	—	333	100 cc.	»
13. 28 Juin 1902	Pas de pluie dans la semaine précédente ; 16 m/m le 20.	—	373	100 cc.	»
14. 12 Sep. 1902	Dans les 7 jours précédents : 9 m/m 8.	—	200	10 cc.	»
15. 1er Déc. 1902	Dans les 7 jours précédents : 6 m/m.	—	504	X gouttes	Survie
16. 2 Déc. 1902	Pas de pluie depuis le 1er.	—	555	10 cc.	Mort
17. 3 Déc. 1902	Pas de pluie depuis le 1er.	—	447	10 cc.	Mort
18. 23 Mars 05	Du 21 au 22 : 48 m/m de pluie — du 22 au 23 : 77 m/m. Eau trouble.	—	8829	0 cc. 1	Mort

DATES	OBSERVATIONS	LIEUX de PRÉLÈVEMENT	NOMBRE de bactéries par cent. cub.	B. COLI PRÉSENT dans	EFFET de la culture mixte sur le cobaye
19. 24 Mars 05	0$^{m}/_{m}$25 depuis le 23 ; eau trouble.	Robinet de l'Institut.	7037	1 cc.	Mort
20. 3 Avr. 1905	Pas de pluie depuis le 24 mars ; l'eau est à peu près limpide.	—	1385	1 cc.	Mort
21. 20 Juil. 05	Pas de pluie depuis le 7 juillet.	—	88	»	»
22. 6 Nov.1905	Du 4 au 6 : 30$^{m}/_{m}$25.	—	512	»	»
23. 23 Nov. 05	Pas de pluie depuis le 20.	—	418 dont 20 liquéfiants	»	»
24. 12 Déc. 05	Pas de pluie depuis le 3 décembre	—	113 dont 13 liquéf.	»	»
25. 22 Déc. 05	Pas de pluie depuis le 3 décembre	—	105 dont 1 liquéf.	»	»
26. 28 Déc. 05	Du 27 au 28 : 12$^{m}/_{m}$ de pluie.	—	133 dont 16 liquéf.	»	»
27. 4 Janv. 06	Du 2 au 4 il est tombé 25 $^{m}/_{m}$ de pluie. Eau trouble sous une épaisseur de 0^{m}95.	Robinet du Laboratoire.	2559 dont 105 liquéf.	»	»
28. 6 Janv. 06	Il est tombé 4$^{m}/_{m}$ de pluie du 4 au 5. Le trouble a sensiblement diminué	—	1092 dont 66 liquéf.	»	»
29. 28 Janv. 06	Du 6 au 19 il est tombé 5$^{m}/_{m}$75. Depuis pas de pluie Eau limpide.	—	158 dont 15 liquéf.	»	»

DATES	OBSERVATIONS	LIEUX de PRÉLÈVEMENT	NOMBRE de bactéries par cent. cub.	B. COLI PRÉSENT dans	EFFET de la culture mixte sur le cobaye
30. 12 Févr. 06	Beau temps depuis le 19 janvier. Du 11 au 12 févr. il est tombé 15$^{m}/_{m}$5. Eau limpide.	Robinet du Laboratoire.	156 dont 10 liquéf.	»	»
31. 18 Févr. 06	Pas de pluie depuis le 12. Du 17 au 18 : 9$^{m}/_{m}$25. Eau limpide.	—	119 dont 13 liquéf.	»	»
32. 29 Mars 06	Du 24 au 29 chute de neige et de 45 $^{m}/_{m}$ de pluie. Eau trouble sous une épaisseur de 1^{m}15.	—	2306 dont126 liquéf.	»	»
33. 1er Avril 06	Pas de pluie depuis le 29. Le trouble a sensiblement diminué.	—	994 dont 36 liquéf.	»	»
34. 3 Avril 06	Pas de pluie. Eau présente un léger louche.	—	1044 dont 44 liquéf.	»	»
35. 12 Avril 07	Du 4 au 12 il est tombé 19$^{m}/_{m}$25 de pluie. Eau légèrement trouble.	—	»	1 cc.	»
36. 13 Mai 07	Du 5 au 9 mai : 5$^{m}/_{m}$5 de pluie, et du 12 au 13 : 1 $^{m}/_{m}$. Eau légèrement trouble.	—	797 dont 17 liquéf.	10 cc.	»
37. 17 Mai 1907	Du 15 au 17 mai: 1$^{m}/_{m}$75 de pluie. Eau présente un léger louche.	—	»	0 cc. 1	»
38. 21 Mai 1907	Pas de pluie. Eau limpide.	—	411 dont 25 liquéf.	10 cc.	»
39. 29 Mai 1907	Pas de pluie. Eau limpide.	—	244 dont 12 liquéf.	1 cc.	»

CHAPITRE V

VALEUR HYGIÉNIQUE DE LA SOURCE DU LEZ

Garantie que présente le périmètre d'alimentation

Nous avons réuni dans les chapitres précédents toute une série de données qui étaient respectivement du ressort de la géologie et de l'hydrologie, de la chimie et de la bactériologie. C'est maintenant à l'hygiéniste à se prononcer ; il devra analyser tous les faits qui lui sont révélés, il remontera aux causes initiales et posera un diagnostic. Mais il ne suffit pas de reconnaître un fait et d'en déterminer les causes, il faut encore prévoir quelles conséquences il aura : après le diagnostic, le pronostic s'impose. C'est dans cet ordre d'idées que nous allons essayer d'interpréter les résultats de nos analyses.

Avant d'entrer dans les détails de l'interprétation, nous devons faire remarquer que nous nous croyons autorisé à considérer l'eau prise aux robinets comme traduisant les variations de l'eau de la source du Lez, du moins pour les robinets auxquels nous nous sommes adressé et avec la précaution de les laisser couler un temps assez long pour éviter l'effet des souillures locales. Des analyses bactériologiques comparatives faites le même jour sur des échantillons prélevés dans le bassin de la source à 8 m. de profondeur et en différents points de la canalisation (analyses du 6 janvier 1899) permettent de constater que la teneur bactérienne était

encore plus forte au lieu d'émergence que dans les autres points, comme s'il se produisait une certaine épuration, par sédimentation peut-être, sur le trajet de la canalisation ; ce fait fut déjà observé par M. Kiener pour la même eau. Il en est de même pour les analyses chimiques (voir analyses III et XXII) qui ont été effectuées sur des échantillons prélevés au bassin de la source après des chutes de pluie et après une période de beau temps : elles montrent les mêmes variations que celles que nous avons constatées sur les eaux prélevées aux robinets du Laboratoire.

Ceci dit, il est un fait qui nous frappe particulièrement dans cette étude, c'est l'extrême variabilité de composition des eaux de la source du Lez. Pour rendre ce fait plus évident, nous avons établi un tableau (tableau I) qui nous donne, pour chacune des déterminations, le chiffre minimum et le chiffre maximum que nous avons obtenus dans une série d'analyses, effectuées durant une période qui s'étend de 1905 à 1907. Si on se rapporte à ce tableau, on remarque, en effet, combien les chiffres sont variables : c'est ainsi que la matière organique peut passer de 0 mill. 2 à 2 mill. 4 en milieu acide, de 0 mill. 2 à 1 mill. 4 en milieu alcalin. L'azote albuminoïde varie entre 0 et 1 mill. 025; les nitrates, entre 0 mill. 28 et 4 mill. 6.

En bactériologie, la variation est encore plus nette ; on passe de 77 à 8829 germes par centimètre cube. De plus, toutes les fois qu'on a recherché les coliformes, leur présence a pu être établie dans des quantités d'eau qui varient entre I goutte et 100 grammes.

Nous avons retrouvé la cause de cette variabilité, ainsi que l'avaient déjà fait nos maîtres, MM. H. Bertin-Sans et A. Rodet, dans l'influence qu'exercent les phénomènes

Tableau I. — *Chiffres minima et maxima des analyses physique, chimique et bactériologique effectuées en* 1905-1906-1907.

DONNÉES ANALYTIQUES	MINIMUM	MAXIMUM
A. — *Données physiques*		
1° Niveau de la source	— 0m10	+ 1m15
2° Température de l'eau à la source	15°1	16°5
3° Turbidité (exprimée par la hauteur de la colonne d'eau qui a permis le passage des rayons lumineux dans notre turbidimètre	.....	0m27
B. — *Données chimiques* (1)		
1° Degré hydrotimètrique — Total	24°	28°
1° Degré hydrotimètrique — Permanent	5°	10°
2° Degré alcalimètrique (en SO^4H^2)	236	266
3° Oxygène empr. au permang. — en milieu acide	0,2	2,4
3° Oxygène empr. au permang. — en milieu alcalin	0,2	1,4
4° Azote ammoniacal (en AzH^3)	0	0,302
5° Azote albuminoïde (en AzH^3)	0	1,025
6° Nitrites	0	0
7° Nitrates (en AzO^3H)	0,28	4,6
8° Résidu sec à 110°	324	438
9° Silice (SiO^2)	4,8	16
10° Fer et alumine (pas de dosages)	traces	traces
11° Sels de chaux (en CaO)	131	163
12° — magnésie (en MgO)	10,08	20
13° Sulfates (en SO^3)	15,18	51
14° Chlorures (en Cl)	20,32	33
15° Phosphates	0	0
C. — *Données bactériologiques*		
1° Numération :		
a) Nombre de germes par cent. cub	77	8829
b) — — liquéfiants par cent. cub	1	126
2° Analyse qualitative :		
Colibacilles et Paracolibacilles présents dans	1 goutte	100 gram.

(1) Les résultats de l'analyse chimique sont exprimés en milligrammes, par litre.

météoriques sur les eaux de notre source. Et à ce propos, nous présentons un second tableau (tableau II) très instructif, dans lequel nous comparons les résultats d'une série d'analyses que nous avons effectuées du 12 décembre 1905 au 3 avril 1906, en nous guidant sur les chutes de pluies.

Nous donnons dans des colonnes disposées les unes à côté des autres les différents résultats d'analyses. En tête de la colonne, nous indiquons la date à laquelle chaque analyse a été effectuée, ainsi que les observations météorologiques pouvant nous être utiles. Puis viennent les données physiques, chimiques et bactériologiques. Il est à noter :

1° *Au point de vue physique*, que le débit est influencé très notablement, ainsi que la turbidité et que ses variations suivent de très près les chutes de pluies. Nous avons déjà indiqué dans notre premier chapitre qu'il suffit d'un laps de temps de sept heures pour que l'eau de pluie puisse venir se mélanger aux eaux de la source. (Pour plus de netteté dans cette relation, se rapporter au graphique que nous donnons à la fin du chapitre Ier.)

2° *Au point de vue chimique, la matière organique* présente des variations allant en milieu acide, de 0 mill. 4 (le 28 décembre 1905) à 1 mill. 8 (le 4 janvier 1906), à la suite d'une chute de pluie notable. En milieu alcalin, la variation est moins accentuée ; la matière organique est passée de 0 mill. 4 à 0 mill. 6. Cependant dans la période qui va du 18 février au 29 mars 1906, la teneur en matière organique ne semble pas avoir été influencée, malgré une chute de pluie assez importante. En réalité, il y a eu apport de matière organique, puisque la dilution des eaux de la nappe souterraine n'a pas fait diminuer la quantité qu'elle renfermait quelques jours auparavant.

Tableau II. — *Comparaisons de différents résultats d'analyses*

DONNÉES ANALYTIQUES	DATES DES ANALYSES ET OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES											
(Tous les échantillons concernant ces analyses ont été prélevés au robinet du Laboratoire d'hygiène (Institut de biologie).	*12 décembre 1905* Pas de pluie du 20 novembre au 2 décembre. — Du 2 au 3, 3mm5 de pluie.	*22 décembre 1905* Pas de pluie depuis le 3 décembre.	*28 décembre 1905* Du 26 au 28 décembre il est tombé 12mm de pluie.	*4 janvier 1906* Il est tombé 25mm5 de pluie du 29 décembre 1905 au 4 janvier 1906.	*6 janvier 1906* Du 4 au 5, 1mm de pluie.	*7 janvier 1906* Beau temps	*28 janvier 1906* Pas de pluie depuis le 19 janvier.	*12 février 1906* Pas de pluie depuis le 19 au 29 janvier. Du 11 au 12 février. 14mm.	*18 février 1906* Du 17 au 18 il est tombé 9mm25 de pluie.	*29 mars 1906* Du 23 au 29 mars neige. pluie 45mm5	*30 mars 1906* Pas de pluie	*1er avril 1906* Pas de pluie	*3 avril 1906* Pas de pluie
A. *Données physiques*													
1° Niveau de la source	0m90	0m85	0m85	1m10	1m05	1m05	0m95	0m98	0m95	1m05	1m10	1m	1m
2° Turbidité (d'après notre turbidimètre)	Eau limp.	Eau limp.	Eau limp. (!)	Trouble sous 0m95	Trouble sous 1m15	Trouble sous 1m20	Eau limp	Eau limp.	Eau limp.	Trouble sous 1m15	Trouble sous 1m25	Trouble sous 1m30	Léger louche
B. *Données chimiques* (1)													
1° Degré hydrotimétrique — Total	26°	27°	28°	27°	»	26°	28°	»	27°	25°	27°	»	»
1° Degré hydrotimétrique — Permanent	6°	6°	6°	6°	»	7°	5°	»	6°	7°	8°	»	»
2° Degré alcalimétrique (en SO^4H^2)	246	246	246	246	»	246	255	»	255	246	255	»	»
3° Oxygène empr. au permang. — mil. acide	0,4	0,2	0,4	1,8	»	0,2	0,4	»	0,2	0,2	0,4	0,6	0,4
3° Oxygène empr. au permang. — mil. alcalin	0,6	0,6	0,4	0,6	»	0,4	0,6	»	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6
4° Azote ammoniacal (en AzH^3)	0	0	0	0	»	0	0	»	0	0		0	0
5° Azote albuminoïde (en AzH^3)	0,026	0,017	0,015	traces	»	traces	traces	»	0	traces	»	»	»
6° Nitrites	0	0	0	0	»	0	0	»	0	0	»	»	»
7° Nitrates (en AzO^3H)	0,154	0,154	0,077	0,348	»	0,464	0,232	»	0,232	0,116	»	»	»
8° Résidu sec à 110°	329	328	334	336	»	324	364	»	332	342	»	»	»
9° Silice	traces	traces	traces	12	»	traces	traces	»	traces	traces	»	»	»
10° Fer et alumine	traces	traces	traces	traces	»	traces	traces	»	traces	traces	»	»	»
11° Sels de chaux (en Ca O)	137	134,4	138	134	»	131	162,4	»	134,4	136	»	»	»
12° — magnésie (en Mg O)	13,68	12,96	12,9	12	»	10,08	12,8	»	15,12	10,8	»	»	»
13° Sulfates (en SO^4)	30,0	16,56	22,7	23,46	»	23,46	36,57	»	24,15	15,18	»	»	»
14° Chlorures (en Cl)	24	27	24	24	»	22,7	20,32	»	27,9	27	25	25	»
15° Phosphates	0	0	0	0	»	0	0	»	0	0	»	»	»
C. *Données bactériologiques* (2)													
1° Numération — nb. total de germes par c. cub.	113	105	133	2,559	1092	»	158	156	119	2306	»	994	1044
1° Numération — nb. de liquéfiants —	13	1	16	105	66	»	15	10	13	126	»	36	44

(1) Les résultats de l'analyse chimique sont exprimés en milligrammes par litre.

(2) Pour l'analyse bactériologique, nous nous sommes borné durant cette période à l'étude des variations quantitatives.

L'azote albuminoïde subit à peu près les mêmes fluctuations que la matière organique totale ; sa teneur a été très faible durant toute cette période.

Les nitrates ont augmenté à la suite des pluies tombées entre le 28 décembre 1905 et le 4 janvier 1906; leur quantité passe de 0 mill. 077 à 0 mill. 348 pour s'élever encore à 0 mill. 464 le 6 janvier. Au contraire, dans la période qui va du 18 février au 29 mars 1906, les nitrates ont diminué sous l'influence des pluies. Ce fait nous paraît explicable : dans la période décembre-janvier, la végétation est considérablement ralentie et les nitrates peu utilisés. Il est évident que ces sels, qui sont le résultat des transformations biochimiques de la matière organique azotée, vont s'accumuler dans le sol ; et l'on comprend que l'eau de pluie venant laver ce sol se charge en nitrates et vienne enrichir les eaux de la nappe souterraine. Dans la période février-mars-avril, au contraire, la végétation reprend son essor et utilise activement la substance azotée. Il en résulte que le sol sera appauvri en nitrates. L'eau de pluie n'en rencontrera que des quantités très faibles ; et cette masse d'eau, pauvre en nitrates, ne pourra qu'en diminuer, par dilution, la teneur des eaux de la nappe souterraine.

Les éléments minéraux ne présentent pas de variations qui soient à signaler. Il y a cependant à faire remarquer que nous n'avons jamais décelé la présence de phosphates et que la teneur en chlore s'est presque toujours maintenue dans les mêmes limites.

3° *Au point de vue bactériologique*, la numération est remarquable également par les variations qu'elle présente. Il est un fait nettement établi, à savoir que les chutes de

pluie qui se font sur le périmètre d'alimentation de la source sont accompagnées de véritables crues bactériennes : Ainsi le 28 décembre 1905, nous avons 133 germes par centimètre cube; brusquement, le 4 janvier 1906, nous passons à 2.559. De même, le 18 février 1906, nous avons 199 germes par centimètre cube ; le 29 mars, nous passons à 2.306.

Il existe donc une coïncidence très nette entre les variations physiques, chimiques et bactériologiques des eaux de la source du Lez, et ces variations sont en relation constante avec des phénomènes météoriques. Tout ce que nous venons de dire à propos des analyses de la période décembre 1905-avril 1906, nous pourrions le répéter pour l'ensemble des recherches que nous avons effectuées. Il suffit pour s'en convaincre de faire l'examen des analyses que nous avons données dans les chapitres précédents.

Il ressort de ces constatations que les eaux de la source du Lez sont en régime normal d'assez bonne qualité, mais qu'elles peuvent prendre brusquement, à la suite de circonstances fortuites (chutes de pluie, orage, fonte de neiges), les caractères d'une eau médiocre (4 janvier 1906, 29 mars 1906) et *même mauvaise* si nous nous rapportons par exemple à l'analyse du 23 mars 1905 (analyse IV, chap. III; analyse XVIII, chap. IV) que voici :

Temps : Il est tombé 48^{mm} d'eau du 21 au 22 et 77^{mm} du 22 au 23. Eau très trouble.

Echantillon prélevé au robinet du Laboratoire.

I. — **Analyse chimique**

Degré hydrotimétrique		26°
Degré alcalimétrique (en SO^4H^3)		246
Oxygène empr. au permanganate	en milieu acide	2
	en milieu alcalin	1,4

Azote ammoniacal	0
Azote albuminoïde (en AzH^3)	0,173
Nitrites	0
Nitrates (en AzO^3H)	4,6
Résidu sec à 110°	372
Silice	12
Chlorures (en Cl)	32
Phosphates	0

II. — **Analyse bactériologique**

1° Numération : nombre de germes par cent. cube.	8829
2° Colibacille présent dans	0 cc. 1
3° Essai physiologique	Mort du cobaye

Dans cette analyse, nous notons, en effet, une augmentation de la teneur habituelle en matière organique, en même temps qu'une élévation notable des chlorures : ces chiffres atteignent presque la limite de potabilité d'une eau. L'analyse bactériologique vient confirmer cette souillure puisqu'elle a permis de déceler 8829 germes par centimètre cube et la présence du colibacille dans 0 cc. 1. Enfin l'essai physiologique montre bien que l'eau renfermait des germes pathogènes, du moins pour le cobaye.

Il est à remarquer qu'à la suite des crues microbiennes, la teneur élevée en germes ne persiste pas longtemps ; elle tend à diminuer en même temps que la turbidité et avec une vitesse sensiblement égale. C'est ainsi que le 4 janvier 1906, nous avons 2559 germes par centimètre cube; au bout de quarante-huit heures,ce chiffre est tombé à 1092; enfin le 28 janvier, il n'y en a plus que 158. Il a donc fallu environ vingt-quatre jours pour que la teneur bactérienne revienne à la normale. Nous ne donnons pas ce chiffre comme une règle, car cette diminution du nombre des ger-

mes de l'eau est sous la dépendance des chutes de pluie et de leur intensité.

D'autre part, il ne semble pas exister une relation bien constante, entre la teneur en colibacilles et le nombre total des germes. Cette relation qui existe pour les analyses nos 12, 13, 18, 19, 20 (voir chapitre IV) n'existe plus, si on considère les analyses no 6 (C et D). Dans les analyses nos 36, 37, 38 et 39, faites à quelques jours d'intervalle, on constate que le nombre total de germes diminue ; il passe de 797 germes (analyse 36) à 244 germes (analyse 39). Cependant, pour la première analyse, on a constaté la présence du colibacille dans 10 cc., tandis que, pour la dernière, on en a retrouvé dans 1 cc. Mais ce qu'il importe de noter, et c'est ce que nous avons fait déjà remarquer, c'est que la présence des coliformes dans les eaux de la source du Lez paraît être constante, leur teneur pouvant varier entre 10 et 20.000 individus par litre.

Les garanties que présente le périmètre d'alimentation de la source du Lez sont donc illusoires. Cette source est insuffisamment protégée contre les causes de souillure superficielles parce que le bassin qui l'alimente, par suite de ses caractères géologiques mêmes, constitue un mauvais filtre. Nous avons vu, en effet, avec quelle facilité les eaux de pluie s'infiltrent à travers le territoire berriasien pour venir contaminer les eaux de la nappe souterraine. Un tel état de choses est certainement gros de dangers pour la salubrité de la population Montpelliéraine : on peut prévoir, en effet, avec quelle facilité notre ville est exposée à être contaminée par la voie hydrique, lorsqu'une cause de souillure à caractère pathogène vient à éclater sur le bassin d'alimentation de la source du Lez.

CONCLUSIONS

Cette étude, poursuivie pendant trois années, vient confirmer les premières conclusions des recherches de MM. H. Bertin-Sans et A. Rodet, et il ressort :

1° Que les eaux de la source du Lez sont constamment et souvent considérablement influencées par les phénomènes météoriques. Lors des pluies abondantes, le débit augmente brusquement et dans un délai très court ; l'eau se trouble, la composition chimique est plus ou moins modifiée et la teneur en bactéries s'élève parfois à des chiffres excessifs. Ces eaux prennent alors les caractères d'une eau médiocre et, dans certains cas, d'une eau mauvaise, alors qu'en régime normal elles constituent, le plus souvent, des eaux de bonne qualité.

2° Que le bassin d'alimentation de la source du Lez est constitué, au moins en partie, par un terrain dont les caractères géologiques sont défectueux au point de vue de la filtration ; il s'ensuit que cette source est mal protégée naturellement. Cependant, étant donné l'étendue de l'étage berriasien et le nombre de foyers d'infection qu'il renferme, il serait difficile d'établir une surveillance qui fût efficace.

3° Qu'un procédé de correction de ces eaux paraît s'imposer ; d'autant plus, que la présence constante du colibacille, même en régime normal, permet de susciter quelques doutes sur la valeur réelle de ces eaux.

BIBLIOGRAPHIE

Arnould (E.). — Nouveaux éléments d'hygiène.

Baucher (F.). — Analyse chimique et bactériologique des eaux potables.

Bertin-Sans (H.) et Rodet (A.). — L'eau d'alimentation à Montpellier. Etude de la source du Lez.

Besson (A.). — Technique microbiologique.

Boujean et Zune. — Traité d'analyse chimique, micrographique et microbiologique des eaux potables.

Bouguen (Yves). — La morbidité typhique à Montpellier. (Thèse de doctorat, Montpellier, 1907.)

Brouardel (P.) et Mosny (E.). — Traité d'hygiène, t. II. Le sol et l'eau, par MM. L. de Launay et A. Martel, Ed. Bonjean et J. Ogier.

Causse (H). — Hydrologie.

Courmont (P.). — Précis de bactériologie.

Duclaux (E.) — Traité de microbiologie.

Debauve (A.) et Imbeaux (Ed.). — Assainissement des villes. Distribution d'eau.

Fleury (E.). — Manuel d'hydrologie.

Jadin (F.). — Hydrologie. Minéralogie.

Malmejac. (F.). — L'eau dans l'alimentation.

Miquel (P.) et Cambier (R.). — Traité de bactériologie pure et appliquée.

Vu : bon à imprimer :
Montpellier, le 11 Juillet 1907.
Le Président de la Thèse,
H. IMBERT.

Vu et approuvé :
Montpellier, le 11 Juillet 1907.
Le Directeur de l'École,
G. MASSOL.

Vu et permis d'imprimer :
Montpellier, le 11 Juillet 1907.
Le Recteur :
Ant. BENOIST.